75 JAAR

1920 1995

tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 61 nr. 2 1996

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39,2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap (NERG) is een wetenschappelijke vereniging, gericht op elektronica, telecommunicatie en informatieverwerking.
Het doel van het NERG is om het wetenschappelijk onderzoek op deze gebieden te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris.. Het lidmaatschap van het NERG staat open voor academisch gegradueerden en anderen die door hun kennis en ervaring bij kunnen dragen aan het genootschap. De jaarlijkse contributie bedraagt voor gewone leden *f* 75,- en voor junior leden *f* 39,-. Bij automatische incasso wordt *f* 3,- korting verleend.
Gevorderde 1e fase studenten en 2e fase studenten komen in aanmerking voor het junior lidmaatschap en kunnen daartoe contact opnemen met de contactpersoon op hun universiteit.
In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester, voor een gereduceerde contributie in aanmerking komen.
De contributie is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan vergaderingen, lezingen en excursies.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijf maal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de hoofdredacteur of een lid van de redactiecommissie.

Het jaarabonnement van het tijdschrift bedraagt *f* 75,-

REDACTIECOMMISSIE

ISSN 03743853

PERSOONLIJKE SATELLIETCOMMUNICATIE

Ingenieur Lars Erup
European Space Agency

Summary

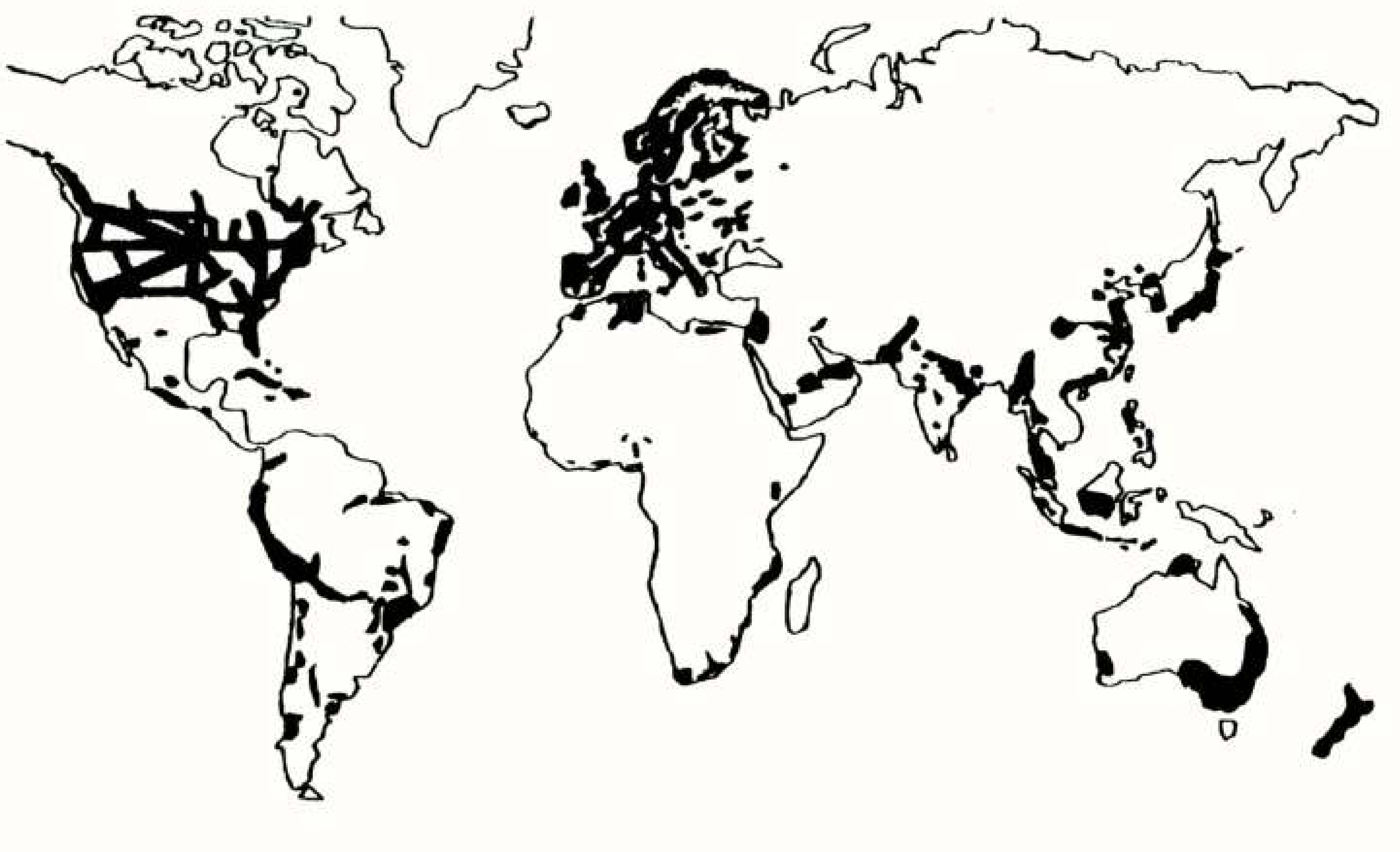
The paper provides a tutorial description of Personal Satellite Communications systems. The rationales for such systems and the basic concepts of their operation are presented. The paper further provides a brief historical overview of mobile satellite communications and outline descriptions of some of the proposed first-generation personal systems. Some of the technical issues that can lead to different system solutions are addressed. Finally, the developments towards next-generation, integrated satellite/terrestrial personal communications are described.

1 Waarom S-PCN?

In de loop van de komende drie tot vijf jaar zal de mogelijkheid bestaan om mobiele telefoon-gesprekken te voeren, gebruik makend van een toestel dat vergelijkbaar is met een gewone mobieltelefoon, maar dan rechtstreeks via een satelliet. Er bestaat grote belangstelling voor zulke systemen, en vele organisaties hebben plannen om ze op te zetten.

Gezien de snelle opkomst van cellulaire netwerken is het niet vanzelfsprekend dat er echt behoefte bestaat om daarnaast nog satelliet-netwerken te gaan bouwen. Voor de eerste generatie van satellietsystemen komt daar nog bij, zoals wij verderop zullen zien, dat zij minder kwaliteit, minder capaciteit, minder diensten en een hogere prijs zullen bieden dan cellulaire netwerken. Het is dus zeker zinvol om het "waarom" als eerste te benaderen.

Het antwoord is, in het kort, de bedekking die persoonlijke satelliet-communicatiesystemen (S-PCN) bieden. Figuur 1 toont de wereldwijde, verwachte bedekking van cellulaire netwerken (alle systemen) in het jaar 2000. Deze voorspelling laat zien dat, ondanks de snelle groei, toegang tot mobiele communicatie grotendeels beperkt zal blijven tot de grootste bevolkingscentra. Dit is zeker het geval buiten Europa, en in ontwikkelingslanden helemaal. Een belangrijke reden voor deze beperking is dat cellulaire netwerken — ondanks al hun kwaliteiten — toch een vrij fijnmazige en daarom dure infrastructuur nodig hebben (basisstations, centrales, landlijnen enz.).



Figuur1: Verwachte wereldwijde bedekking van cellulaire systemen in het jaar 2000.

S-PCN biedt de mogelijkheid om in één keer (nagenoeg) wereldwijde bedekking te verkrijgen, zonder afhankelijk te zijn van enige plaatselijke infrastructuur. Het is dan ook duidelijk dat de systemen die in aantocht zijn zich voornamelijk richten op klanten die deze bijzondere eigenschappen nodig hebben. Markten en diensten worden verderop nader belicht.

2 Hoe Werkt S-PCN?

Een S-PCN netwerk werkt in hoofdlijnen op dezelfde manier als een cellulair netwerk. Mobiele terminals staan in radioverbinding met een basisstation, die weer op zijn beurt gekoppeld is aan een centrale. De centrale zorgt voor het tot stand komen en afbreken van verbindingen en, tijdens een verbinding, voor het mobiliteitsbeheer (handovers enz.). Het belangrijkste verschil met cellulaire netwerken is dat bij S-PCN het "basisstation" op een satelliet is geplaatst. Het staat in verbinding met de centrales door middel van een netwerk van grote grondstations, "hubs" genoemd.

Daarnaast zijn er nog een aantal verschillen in de details. Zo maken de meeste S-PCN systemen gebruik van satellieten die in enkele uren om de aarde draaien. Daardoor bewegen de satellieten ten opzichte van een waarnemer op de grond. (Dit is een verschil ten opzichte van veel van de "traditionele" satellietsystemen voor communicatie en omroep, die veelal gebruik maken van geostationaire satellieten. Deze blijven op één plaats tegenover een waarnemer op de aarde).

Door de beweging van de satellieten is het noodzakelijk om handovers uit te voeren, ook blijft de gebruiker op één plaats. De satellieten zullen immers achter elkaar verschijnen en weer uit het zicht verdwijnen. Bij sommige systemen zijn deze handovers om de 5—7 minuten nodig, bij andere slechts om het uur. Ook kan een satelliet slechts voor een beperkte duur in verbinding blijven met dezelfde "hub", zodat er ook aan deze kant van het systeem behoefte is aan handovers. Dit aspect bestaat niet in cellulaire netwerken.

In hoofdstuk 0 zullen wij enkele van de technische aspecten behandelen die van invloed zijn op het ontwerp van het systeem.

3 Historisch Overzicht Mobiele Satellietcommunicatie

Mobiele satellietcommunicatie is op zich geen nieuw idee. Dezelfde argumenten die worden aangevoerd als de sterke kanten van S-PCN, zijn langer bekend en zijn evengoed van toepassing op allerlei andere mobiele toepassingen. Het nieuwe van S-PCN is in wezen dat het, door technologische ontwikkelingen, nu mogelijk is om de systemen zo uit te voeren dat de gebruiker kan volstaan met een relatief goedkope terminal op zakformaat. Bij eerdere systemen waren veel grotere en duurdere terminals noodzakelijk. Ook hadden eerdere systemen een zeer lage capaciteit, waardoor het gebruik ook nogal prijzig was.

3.1 Spraaktelefonie

Militaire systemen daargelaten werd het eerste operationele systeem voor mobiele satellietcommunicatie in 1982 opgezet door Inmarsat, een internationale organisatie die speciaal voor dit doel werd opgericht. Zoals de naam aangeeft, was het Inmarsat-systeem in eerste instantie gericht op maritieme toepassingen. Door middel van geostationaire satellieten (gebouwd voor Inmarsat in beheer van de Europeese ruimtevaartorganisatie ESA) heeft dit systeem, dat nog steeds in gebruik is, wereldwijde bedekking, met uitzondering van de poolgebieden.

Dit zogenoemde Inmarsat-A Systeem bood voor het eerst de mogelijkheid om telefoongesprekken te voeren vanaf een willekeurige plaats op de aardbol, inclusief de wereldzeëen. Voor de eerste generatie van satellieten waren echter vrij grote en dure terminals nodig, zodat het gebruik beperkt bleef tot de schepen en platforms waarvoor het bedoeld was.

Latere generaties van satellieten, en ook het gebruik van geavanceerde transmissie-technieken, maakten het mogelijk om kleinere terminals te gaan gebruiken. Sinds 1992 bestaat het Inmarsat-M System, waarvoor een terminal op aktentas-formaat nodig is. Op dit moment is dit nog een zaak van ± 10 kg, dat zo'n $ 10000 kost en een externe voeding nodig heeft. Op korte termijn zal het echter mogelijk zijn om de zogenoemde Mini-M terminals te gaan gebruiken. Deze zijn een stuk kleiner en lichter (2—3 kg), en zullen ook goedkoper zijn dan de huidige M-terminals. Het blijft echter een dienst voor professionele gebruikers, en de terminals moeten nog steeds eerder als "transportabel" dan "draagbaar" worden omschreven — des te meer omdat zij voor gebruik opgesteld en op de satelliet gericht moeten worden. Zij zijn niet of slechts beperkt tijdens transport te gebruiken.

3.2 Andere Diensten

Parallel met de ontwikkelingen voor telefonie zijn ook andere systemen ontstaan. Vele toepassingen kunnen volstaan zonder rechtstreekse spraakverbinding, door het uitwisselen van (tekst)-berichten. Een voorbeeld hiervan vindt men in de transportindustrie, waar het snel en betrouwbaar versturen van opdrachten vanaf een centraal punt, en het terugrapporteren bijvoorbeeld van posities, als zeer belangrijk wordt gezien.

Een van de eerste systemen voor het uitwisselen van tekstberichten is het Prodat-systeem van ESA, dat in semi-operationeel gebruik is. Prodat maakt gebruik van de Inmarsat-satellieten. Een van de eerste volledig commerciële systemen voor berichtenverkeer is het Inmarsat-C systeem, dat sinds 1991 in gebruik is. De terminals hiervoor zijn klein genoeg om bijvoorbeeld in een vrachtauto of op een groot plezierjacht te installeren.

Ook anderen zijn deze markt opgegaan. In de Verenigde

Staten bestaat sinds 1989 het "Omnitracs"-systeem, speciaal gericht op het lange-afstand vervoer per vrachtauto. Dit systeem is in Europa overgenomen door Eutelsat (een Europeese organisatie voor satellietcommunicatie) en wordt verkocht onder de naam "Euteltracs".

De ontwikkelingen gaan op dit gebied ook snel verder. Verschillende nieuwe systemen zijn op de tekentafel of net in gebruik. De geboden diensten blijven ongeveer dezelfde (berichten, elektronische post, positierapportages enz.), de bedoeling van de nieuwe systemen is om de kosten flink te drukken door gebruik te maken van moderne technieken waardoor zowel de satellieten als de terminals kleiner en goedkoper worden.

4 De Eerste Generatie van S-PCN

De huidige mobiele satellietsystemen zijn nog net niet zo ver dat ze te gebruiken zijn met een "zaktelefoon". De logische volgende stap in de ontwikkelingen van mobiele satellietcommunicatie is dus om dit mogelijk te maken. De belangstelling hiervoor gaat gepaard met de snelle opkomst van cellulaire netwerken, waardoor een groot publiek het gebruiksgemak van dit soort diensten heeft ontdekt en dit graag uitgebreid ziet met de bijkomstige voordelen van satellietsystemen. Dit is erkend door een aantal bedrijven en financiële instellingen, waardoor meerdere systemen voor persoonlijke satellietcommunicatie op dit moment in aantocht zijn. In dit hoofdstuk zullen wij ingaan op de diensten en markten waar deze aanbieders zich op zullen gaan richten; ook zullen wij in vogelvlucht enkele van de voornaamste systemen omschrijven.

Het is technisch gezien een hele uitdaging om satellietsystemen geschikt te maken voor gebruik met draagbare toestellen. De voorbeelden uit dit hoofdstuk zullen laten zien dat zeer uiteenlopende oplossingen mogelijk zijn. In het volgend hoofdstuk worden ter illustratie van het probleemcomplex een paar van de belangrijkste technische aspecten nader belicht.

4.1 Diensten en Markten

Net zoals het geval is bij de huidige cellulaire netwerken, richten de eerste S-PCN netwerken zich voornamelijk op spraaktelefonie. Daarnaast zullen zij een aantal aanvullende diensten aanbieden, zoals fax, datatransmissie, berichten en elektronische post. In hoofdzaak zal dit dus — zoals ook het geval is bij cellulaire netwerken — diensten zijn die geleverd kunnen worden binnen de capaciteit die nodig is voor één telefoonverbinding (4 tot 8 kilobits/seconde).

Er zijn nog weinig details bekend over het ontwerp en de prijzen van de terminals; ook over de tarieven voor de eindgebruiker zijn de toekomstige aanbieders nog steeds erg zwijgzaam. Het streven is om de diensten aan te bieden tegen kosten die enigszins vergelijkbaar zijn met die voor cellulaire netwerken. Dat zal waarschijnlijk inhouden dat de terminals voor rond de $ 1000 zullen worden verkocht, en dat het gebruik ergens in de buurt van $ 1 per minuut zal gaan kosten. (In het public-relations materiaal wordt nogal geschermd met bedragen; meestal komen ze toch uit in deze orde van grootte).

Deze kosten zijn beduidend lager dan degene die voor de huidige mobiele satellietsystemen worden gehanteerd; daardoor zal mobiele satelliet-communicatie voor een veel groter publiek toegankelijk worden. De kosten zijn echter nog niet op het niveau dat nodig zal zijn om een echte "massa-markt" te bereiken. Dit ziet men ook terug in de marketing van de toekomstige aanbieders, die zich richt op wat men "semi-professionele" gebruikers zou kunnen noemen.

De verwachting is dat het meeste verkeer afkomstig zal zijn van:

- Intercontinentale zakenreizigers, die het op prijs stellen om wereldwijd bereikbaar te zijn, en om overal de zelfde diensten (en gebruikers-interface) te hebben.
- Transportbedrijven, voor wie een uniform, wereldwijd systeem wenselijk is.
- Het invullen van "gaten" in de bedekking van cellulaire netwerken, in het bijzonder in dun bevolkte gebieden.
- Semi-stationair gebruik als vervanging van vaste netwerken in gebieden waar andere infra-structuur niet of nauwelijks bestaat, zoals in ontwikkelingslanden.

Daarnaast zijn er natuurlijk vele andere gebruiksmogelijkheden, zoals bijvoorbeeld schepen en vliegtuigen boven zee. Het verwachte verkeer uit deze categorieën is echter gering.

Er zijn vele marktonderzoeken geweest die geprobeerd hebben om het aantal potentiële gebruikers te voorspellen. De resultaten hiervan lopen uiteen van 2 miljoen tot 15 miljoen, wereldwijd. De echte massa-markt moet dus nog even wachten. De capaciteit van de eerste systemen zou overigens ontoereikend zijn om echt massaal gebruik te ondersteunen. Het bereiken van een massa-markt is een van de doelen van de volgende generatie van S-PCN systemen. In hoofdstuk 6 wordt vooruit gekeken op deze ontwikkelingen.

4.2 Enkele Voorbeelden

Velen hebben plannen gemaakt voor S-PCN systemen. Het is onwaarschijnlijk dat al deze systemen daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden, alleen al omdat er niet voldoende radiofrequenties beschikbaar zijn om iedereen een commercieel haalbare capaciteit te geven. Ook zal de markt waarschijnlijk te klein zijn om tientallen elkaar beconcurrerende systemen te ondersteunen.

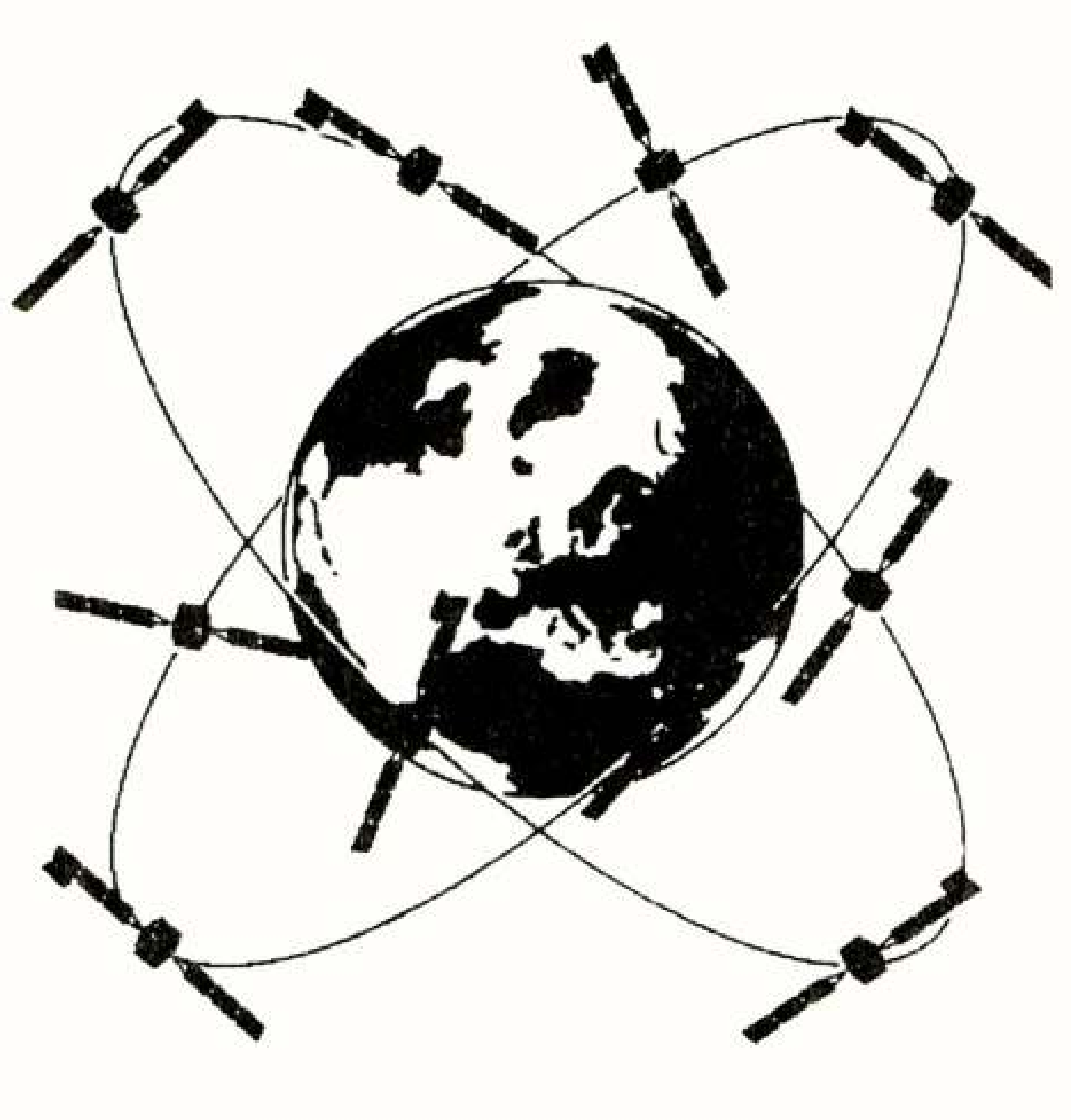
In het vervolg worden drie van de voornaamste voorstellen doorgenomen. Deze vertegenwoordigen het spectrum van technische oplossingen dat in de meeste voorstellen worden teruggevonden. Zowel technisch als financieel lijken deze van buitenaf gezien haalbaar; ook ziet het ernaar uit dat zij enig succes hebben geboekt bij het binnenhalen van de benodigde radiofrequenties en vergunningen.

Dit wil niet zeggen dat geen van de overige geplande systemen het zullen halen. Het zou echter te ver gaan om alle voorstellen te omschrijven; de keuze moet gezien worden als een representatieve greep uit het aanbod.

ICO

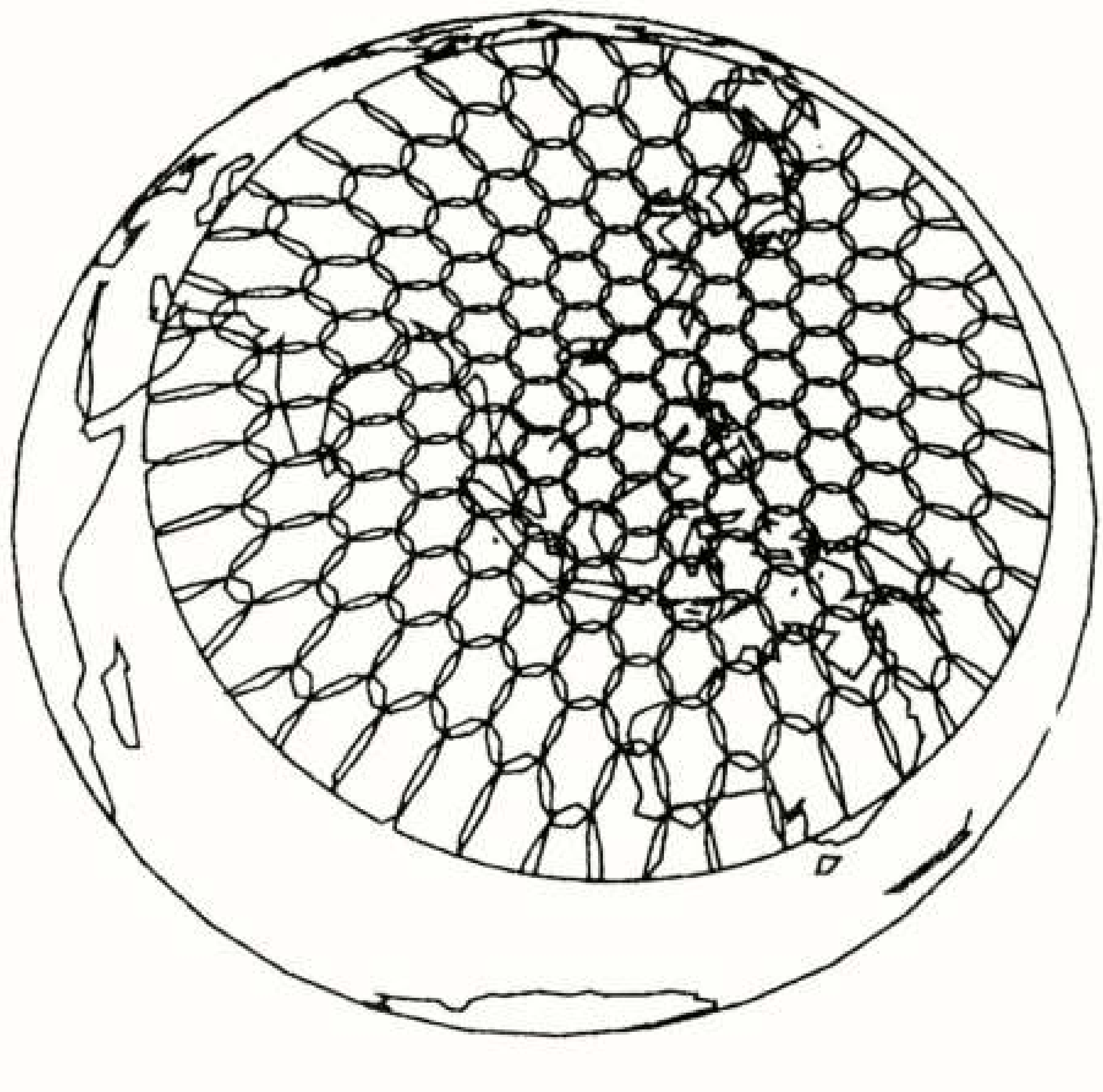
ICO is afkomstig uit een plan van Inmarsat, het zogenoemde Inmarsat-P (wat weer een onderdeel was van het P-21 project). ICO is nu echter een apart bedrijf, waarin wordt deelgenomen enerzijds door de lidstaten van het oorspronkelijke Inmarsat, en anderzijds door de bedrijven die het systeem gaan bouwen (bijvoorbeeld Hughes Aerospace).

Het ICO-systeem maakt gebruik van 10 satellieten (plus 2 reserves) die in een cirkelvormige kringloop op rond 10.000 km hoogte ronddraaien. Figuur 2 toont de constellatie. De satellieten hebben een omlooptijd van 6 uur. Omdat dit een eenvoudige fractie van een etmaal is, volgen ze steeds hetzelfde "spoor" op het aardoppervlak. Iedere satelliet heeft een antenne met een doorsnee van ±2 m. Hierdoor worden "spots" of "cellen" op het aardoppervlak gemaakt met een doorsnee van ±1000 km direct onder de satelliet. Dichter bij de horizon worden de spots groter.



Figuur 2: Het ICO-systeem.

Figuur 3 toont het patroon van spots die aangemaakt worden door iedere satelliet in het ICO-systeem.



Figuur. 3: Spotbeam-patroon aangemaakt door een ICO-satelliet.

De satellieten in het ICO-systeem zijn "transparant"; dat wil zeggen dat zij alleen het signaal versterken en van frequentie veranderen. Modulatie en demodulatie worden aan boord van de satelliet niet gedaan. Wel beschikt dit systeem over vrij geavanceerde digitale verwerkingseenheden die ervoor zorgen dat de juiste spots worden aangemaakt en dat de signalen naar de goede spot worden geleid.

ICO maakt gebruik van de frequenties rond 2 GHz die bij WARC-1992 zijn aangewezen voor mobiele satellietdiensten. Het is voorzien dat deze frequenties tevens zullen worden gebruikt voor de volgende generatie van zulke systemen (FPLMTS/UMTS) [1]. Voor de verbinding tussen satelliet en "hub" maakt ICO gebruik van frequenties net boven de 5 GHz, die recent (WRC-95) hiervoor zijn aangewezen (Deze zogenoemde "feeder links" worden aangemerkt als "vaste diensten").

Voor de signaaloverdracht maakt ICO gebruik van een TDMA (Time Division Multiple Access) systeem dat enige gelijkenissen vertoont met bijvoorbeeld GSM. De details zijn echter verschillend omdat, zoals verderop wordt omschreven, de beperkende factoren in een satellietsysteem anders zijn dan in een cellulair netwerk. Daarom moeten andere technieken worden gebruikt bijvoorbeeld voor modulatie en synchronisatie.

ICO zal een netwerk hebben van ±12 "hubs" (SAN, of Satellite Access Node, genoemd in dit systeem) wereldwijd. Door de vrij grote kringloophoogte is dit voldoende om alle satellieten te volgen. Het verkeer zal via één satelliet naar een SAN worden geleid, en vanaf hier door een eigen netwerk naar één van een aantal punten waar verbindingen bestaan met het publieke

telecommunicatie-netwerk. Dubbele satelliet-hops zullen dus alleen voorkomen bij verbindingen tussen twee mobiele terminals binnen het systeem; deze moeten via de SAN worden geleid. Het wordt niet verwacht dat mobiel-mobiel verkeer een groot deel van het totaal zal uitmaken.

Berekeningen van de capaciteit van het systeem zijn niet eenvoudig te maken zonder gedetailleerde kennis van vele technische aspecten. Het ziet er echter naar uit dat ICO ongeveer 4500 telefoongesprekken per satelliet zal kunnen ondersteunen, wat dus neerkomt op een theoretische, totale capaciteit van $10 \times 4500 = 45000$ telefoongesprekken. In de praktijk zal deze capaciteit niet volledig benut kunnen worden, alleen al omdat een groot deel van de spotbeams zullen "kijken" naar oceanen en andere gebieden met zeer geringe verkeersaanbod.

Op dit punt heeft ICO echter een voordeel ten opzichte van systemen met een lagere kringloop: doordat iedere satelliet een groot deel van het aardoppervlak kan "zien", bestaat de mogelijkheid om de totale capaciteit van de satelliet te concentreren in die spotbeams waar wél vraag bestaat. Dit trucje is natuurlijk niet mogelijk indien de satelliet alleen zee ziet en dus geen enkel gebied met veel verkeer. Voorzieningen om zulke re-configuraties uit te voeren maken de satelliet wel complexer en daardoor duurder. Dit is een onderdeel van de globale optimalisatie van het systeemontwerp, dat later wordt omschreven.

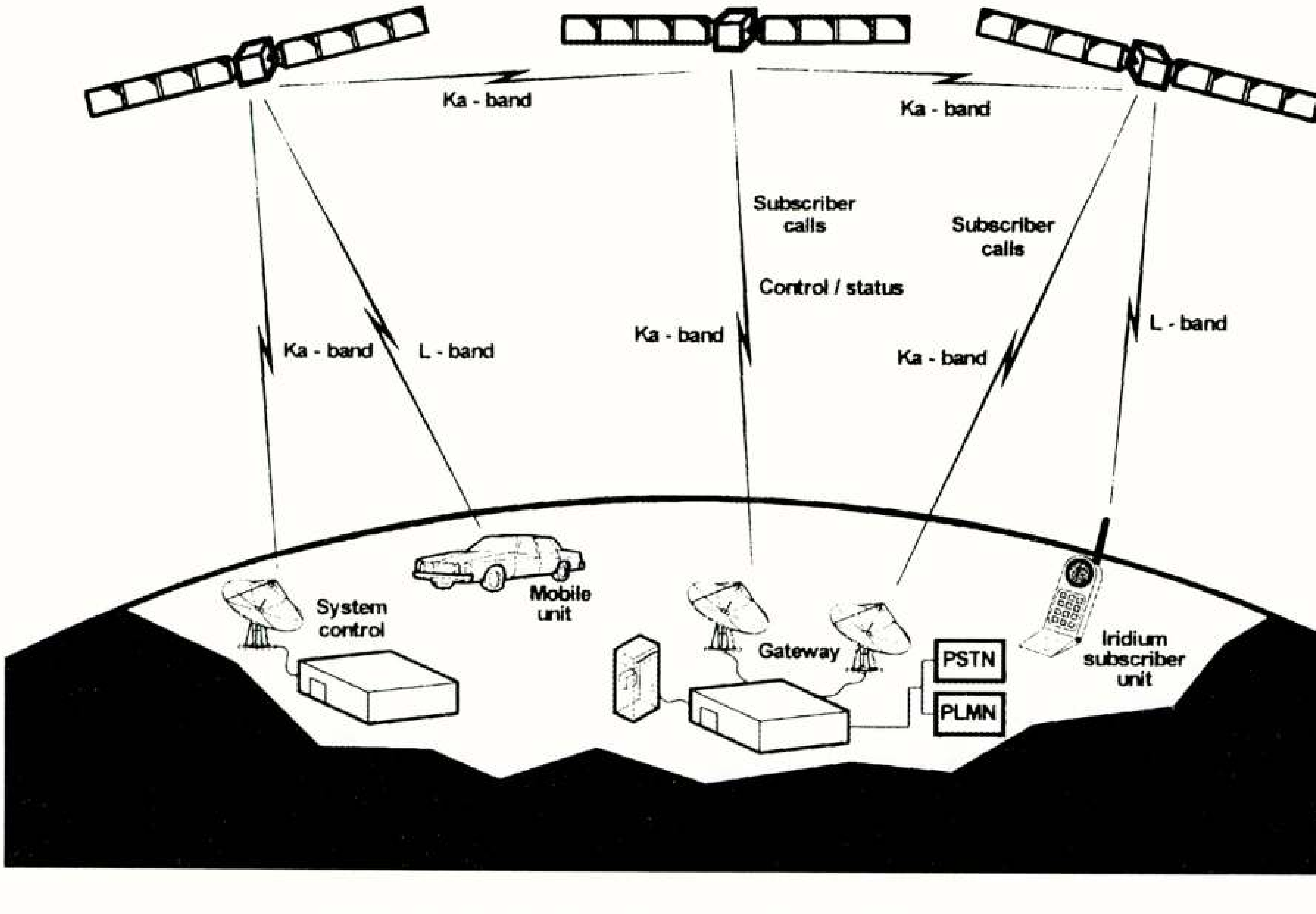
Iridium

Iridium vertegenwoordigt in vele opzichten een oplossing die precies het tegenovergestelde van ICO is, terwijl toch uiteindelijk de twee systemen nagenoeg hetzelfde proberen aan te bieden.

Iridium is een initiatief uit de Verenigde Staten. Oorspronkelijk komt het idee van Motorola; er is echter nu een apart bedrijf opgezet met deelname van vele (grotendeels amerikaanse) bedrijven uit de ruimtevaart- en telecommunicatiesectoren. Europeese deelname in Iridium is enigszins beperkt. Een van de Europeese deelnemers is het Italiaanse Nuovo Telespazio, die het beheer van het satellietnetwerk zelf zal gaan verzorgen.

Iridium maakt gebruik van een zeer lage kringloop (780 km). Hierdoor is een groot aantal satellieten nodig om wereldwijde bedekking te verkrijgen. Iridium heeft er 66, plus 6 reserves. Deze draaien in een polaire kringloop (de baan gaat steeds nagenoeg over de Noord- en Zuid-pool), met een omlooptijd van ± 100 minuten.

Iedere satelliet in Iridium heeft 48 spotbeams, die doorsnedes hebben vanaf ± 600 km. Iridium maakt gebruik van frequenties rond 1.6 GHz, in een bereik die al langer is toegewezen aan mobiele satellietcommunicatie.



Figuur 4: Overdracht van het signaal in het Iridium-systeem.

Net als ICO maakt Iridium gebruik van TDMA als toegangssysteem. Hier houdt de gelijkenis echter op. In Iridium wordt de verbinding met iedere mobiele terminal apart doorgeschakeld aan boord van de satelliet, door middel van een soort "vliegende centrale". Deze doorschakeling kan — net als in de andere systemen — naar een van de "hubs" gaan, maar kan ook rechtstreeks naar een andere satelliet, door middel van zogenoemde ISL's (Inter-Satellite Links), of zelfs naar een andere mobiele terminal. Figuur 4 geeft aan hoe dit in zijn werk gaat. Een gesprek wordt geleid naar een satelliet in het zicht van de mobiele terminal, en kan verder worden geleid — via zoveel van de satellieten als nodig is — om uiteindelijk een te bereiken die in het zicht is van de bestemming van het gesprek. Dit kan een "hub"-station zijn indien het gesprek naar een gewone telefoon moet, of — als het gesprek naar een andere Iridium-terminal moet — rechtstreeks naar deze toe, zonder tussenkomst van een hub.

In principe is dus één hub voldoende voor het wereldwijde Iridium-systeem. In de praktijk zal er echter een klein aantal (ongeveer 10) zijn, om het verkeer te verdelen en om al te lange "staarten" in het vaste telefoonnet te voorkomen.

Deze organisatie biedt natuurlijk een zeer grote fleksibiliteit en bijvoorbeeld mogelijkheden om het verkeer om te leiden indien satellieten of grondstations uitvallen. Men moet zich echter bedenken dat dit alles gebeurt door middel van satellieten die zeer snel om de aarde ronddraaien, zodat de route van een gesprek vaak veranderd moet worden. Het geheel kan enigszins worden vergeleken met de oefening om op de zelfde plaats te blijven door omhoog te lopen op een roltrap die omlaag gaat, terwijl men een gesprek voert met iemand die omlaag loopt op een roltrap die omhoog gaat.

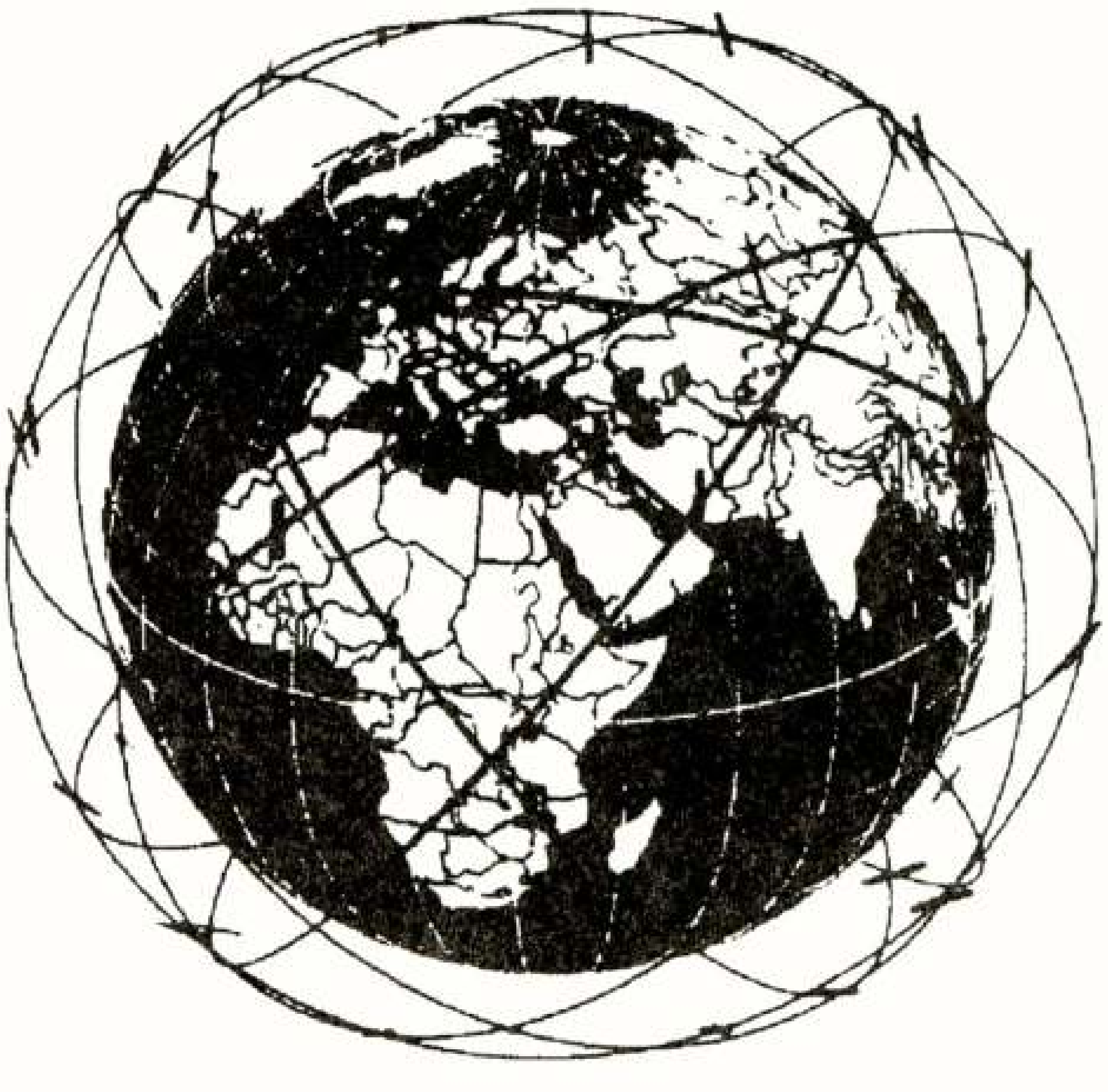
Berekeningen gebaseerd op vermogen, bandbreedte enz. geven voor Iridium een capaciteit rond de 1100 telefoongesprekken per satelliet; de totale capaciteit van het systeem zou dus 66x1100=72600 gelijktijdige gesprekken zijn. Een aantal van de satellieten zullen echter bijvoorbeeld boven oceanen zijn, zodat deze capaciteit niet volledig kan worden benut. Het is niet bekend wat de werkelijke capaciteit van Iridium zal zijn.

Globalstar

Onze derde en laatste voorbeeld is Globalstar. Dit systeem kent karakteristieken die gelijkenissen vertonen met zowel ICO als met Iridium; andere aspecten zijn weer geheel anders.

Globalstar is oorspronkelijk afkomstig uit Space Systems Loral (onlangs gefuseerd met Lockheed Martin) en van Qualcomm, een bedrijf dat gespecialiseerd is in mobiele communicatiesystemen door middel van CDMA (Code Division Multiple Access). Ondanks de Amerikaanse oorsprong is Globalstar zeer internationaal van opzet. Er is een belangrijke Europeese inbreng, ondere meer van Alenia Spazio, Alcatel Espace en France Telecom. In totaal zou ongeveer 60% van de industriële capaciteit achter Globalstar Europees zijn.

Net als Iridium maakt Globalstar gebruik van een lage kringloop, in dit geval van ±1400 km hoogte (figuur 5). Er zijn in totaal 48 satellieten, die ieder 16 spots aanmaken van ieder ±2200 km doorsnee. Globalstar gebruikt frequenties rond 1.6 en 2.5 GHz, in bestaande toewijzingen voor mobiele satelliet-communicatie.



Figuur 5 Het Globalstar-systeem.

De satellieten in Globalstar zijn net als in ICO "transparant", de signalen worden dus altijd rechtstreeks doorgegeven naar een grondstation. In feite zijn de satellieten nog eenvoudiger dan die van ICO, omdat het aantal spots — en daardoor de hoeveelheid schakel- en andere functionaliteit aan boord — veel kleiner is. Van de drie systemen die wij hebben bekeken zijn de satellieten van Globalstar veruit de kleinste en eenvoudigste, en daardoor de goedkoopste.

De andere kant van deze oplossing is echter dat een zeer groot aantal grondstations nodig is om de verbindingen in stand te houden. Door de lage kringloop kan ieder grondstation immers slechts satellieten "zien" die vrij dicht in de buurt zijn. Er zal wereldwijd zeker 100 grondstations nodig zijn. Globalstar heeft er dus voor gekozen om zo veel mogelijk de complexiteit uit de satellieten te halen en in het grond-netwerk te plaatsen.

De signaaloverdracht in Globalstar gebeurt door middel van CDMA; het transmissiesysteem is afgeleid van de IS-95 standaard dat door Qualcomm is ontwikkeld voor cellulaire netwerken.

Wat de capaciteit van Globalstar betreft worden getallen tussen 2000 en 3000 gesprekken per satelliet gezien. Dit zou dus een theoretische, totale capaciteit van 96000—144000 gesprekken betekenen. Het is echter heel erg

moeilijk om dit te vergelijken met de andere systemen. Afgezien van de specifieke aspecten van satellietsystemen krijgen wij hier namelijk te maken met de aloude strijd tussen voorvechters van TDMA en CDMA, en dingen zoals signaalkwaliteit en macro-diversiteit (overdracht van hetzelfde signaal door meerdere satellieten, wat wel de betrouwbaarheid ten goede komt maar natuurlijk wel capaciteit kost) gaan meespelen.

Het enigste wat hierover met zekerheid gezegd kan worden is dat het niet zo is dat een van deze technieken onder alle omstandigheden beter is dan de andere.

Andere Systemen

Zoals al gezegd zijn er een groot aantal voorstellen voor dit soort systemen. De meeste ervan maken gebruik van verschillende combinaties van individuele karakteristieken die wij terug kunnen vinden in de drie voorbeelden die wij hebben omschreven. Voor de volledigheid maken wij nog melding van twee andere soorten van systemen.

Een van de redenen om niet-geostationaire satellieten te gebruiken voor mobiele communicatie is dat het daardoor mogelijk is om een vrij hoge elevatiehoek te handhaven. De elevatiehoek is de hoek tussen de horizon en de richting naar de satelliet toe. Indien de satelliet te dicht bij de horizon staat, is de kans groot dat het signaal wordt tegengehouden door bergen, bomen, huizen of andere obstakels. Een geostationaire satelliet staat altijd boven de evenaar, en daardoor neemt de elevatiehoek af naarmate men dichter bij de polen komt. Dichtbij de evenaar is het echter goed mogelijk om geostationaire satelieten te gebruiken voor persoonlijke communicatie. Er zijn plannen om zulke systemen te maken bijvoorbeeld voor de Verenigde Staten, Afrika en Zuid-Oost Azië. Een voordeel van geostationaire systemen is dat — omdat ze op dezelfde plaats blijven — veel van de problemen die veroorzaakt worden door de dynamiek van de andere kringlopen, hier vermeden kunnen worden. Ook kan men natuurlijk de spotbeams precies richten op die gebieden waar het verkeer is, zodat de capaciteit optimaal wordt benut.

Een ander systeem die vaak wordt genoemd in verband met de persoonlijke mobiele satellietsystemen is "Teledesic", dat onder meer gesteund wordt door Microsoft. Teledesic is echter niet per se een mobiel systeem, ook zal mobiel gebruik wellicht mogelijk zijn. De bedoeling van dit systeem is om zeer hoge transmissie-capaciteit te bieden aan individuele gebruikers, speciaal voor multimedia-toepassingen. In eerste instantie wordt gedacht aan gebruikers-terminals die enigszins vergelijkbaar zijn met schotelantennes voor individuele TV-ontvangst. Technisch vertoont Teledesic inderdaad enige gelijkenis met S-PCN systemen, in het bijzonder Iridium. Zo wordt gebruik gemaakt van nagenoeg dezelfde kringloophoogte, en wordt veel gebruik gemaakt van ISL's. Teledesic is echter vele malen groter van opzet dan Iridium, zo zal de constellatie bestaan uit niet minder dan 840 satellieten (!).

5 Enkele Technische Aspecten

In het voorgaande hoofdstuk hebben wij gezien hoe uiteenlopend de oplossingen kunnen zijn die verschillende organisaties hebben bereikt voor dezelfde problemen. Dit komt omdat er een zeer groot complex van met elkaar verbonden afwegingen zijn. Het is natuurlijk niet mogelijk om uitgebreid op al deze onderwerpen in te gaan. In het vervolg zijn een paar van de belangrijkste deel-problemen kort omschreven.

5.1 Vermogen en Linkbudget

In een cellulair systeem is de door de radio-verbinding te overbruggen afstand hooguit enkele tientallen kilometers; vaak veel minder. In een satelliet-systeem is deze afstand op zijn minst enkele honderden kilometers en kan oplopen tot bijna 50000 kilometer. Het ontvangen vermogen neemt af met het kwadraat op de afstand. In een cellulair systeem is het niet moeilijk om ruim voldoende vermogen uit te stralen van zowel basisstation als van mobiele terminal, zodat het ontvangen signaalvermogen (en daardoor de signaal/ruis-verhouding in de ontvanger) van minder belang is. De capaciteit van een cellulair systeem wordt nagenoeg uitsluitend bepaald door interferentie van andere gebruikers.

In een satellietsysteem is dit echter geheel anders. Het vermogen van de mobiele terminal moet laag gehouden worden, omwille van de grootte van de accu alsmede uit veiligheidsoverwegingen (verhitting van het lichaam van de gebruiker). Door de veel grotere afstand is het ontvangen vermogen zeer veel kleiner dan in cellulaire systemen. In de praktijk is er slechts één mogelijkheid om dit op te vangen, dat is om grotere ontvangst-antennes te gebruiken op de satelliet zelf. Dit brengt kosten en technische risico's met zich mee, en is daarom niet gewenst.

Ook het vermogen van de satelliet moet beperkt blijven. Het vermogen moet opgewekt worden door zonnepanelen. Net als bij de antennes is het aantrekkelijk om deze zo klein mogelijk te houden. Bijkomstig probleem is dat het opgewekte vermogen niet voor 100% benut kan worden, het overschot blijft achter in de satelliet als hitte, die weggewerkt moet worden. Dit is niet eenvoudig in het vacuum van de ruimte.

Dit betekent allemaal dat wij in satellietsystemen (in ieder geval die van de eerste generatie) ons niet de luxe van zeer hoge vermogens-marges kunnen veroorloven, zodat wij rekening moeten houden met zowel ruis als met interferentie.

Dit uit zich bijvoorbeeld in de modulatie- en coderingssystemen die gebruikt worden. In cellulaire systemen worden technieken gebruikt die weinig bandbreedte nodig hebben, om de totale bandbreedte van het systeem zo goed mogelijk te gebruiken. Dit gaat echter altijd ten koste van de benodigde signaal-ruis verhouding. Dit is in cellulaire systemen zoals gezegd geen groot probleem. In satellietsystemen moeten wij echter meer economisch met

het vermogen omspringen, zodat wij andere transmissie-technieken moeten toepassen. Deze hebben dan meer bandbreedte nodig, waardoor de capaciteit minder wordt.

5.2 De Kringloophoogte

Uit het bovenstaande zou men makkel_k de conclusie kunnen trekken dat een zo laag mogelijke kringloophoogte het beste is — immers, hoe lager de satelliet, hoe kleiner de verzwakking van het signaal langs het pad en daardoor de problemen met de ruis. Dat is een geldige reden; er komt echter meer bij kijken. Er is een aantal redenen om de kringloop niet te laag te maken:

- Een lagere kringloop betekent dat er meer satellieten nodig zijn om de gewenste bedekking te verkrijgen.
- Een lagere kringloop betekent dat er meer grondstations nodig zijn om alle satellieten te bereiken.
- In een lagere kringloop zijn er meer satellieten die gebieden met weinig verkeersaanbod bedekken, waardoor de utilisatie omlaag gaat.
- Satellieten in een lagere kringloop bewegen sneller dan in een hogere; hierdoor moeten de gesprekken vaker worden overgezet van de ene satelliet naar de volgende. Dit brengt ekstra overhead met zich mee in de vorm van signalisatie en dergelijke.

Behalve het argument van het vermogen zijn er echter ook andere goede redenen om de kringloop wel laag te houden:

- De signaalvertraging wordt kleiner, wat de kwaliteit van de dienst ten goede komt.
- De benodigde antennes zijn kleiner, wat het systeem goedkoper maakt.

Zo zijn er veel meer afwegingen; het is dus niet zo'n wonder dat er verschillende oplossingen gevonden zijn.

6 Op Weg Naar de Tweede Generatie

Eén eigenschap die alle S-PCN systemen uit de eerste generatie hebben is dat zij stuk voor stuk op zich zelf staande systemen zijn. Natuurlijk zal het mogelijk zijn om telefoongesprekken te voeren met elk gewenst nummer. Abonnement, nummering, dienstenaanbod enzovoort zal echter voor ieder systeem apart zijn, en zal ook gescheiden zijn van cellulaire en vaste-lijn netwerken. (De aanbieders hebben het allen over "multi-mode handsets", die ook voor cellulaire netwerken geschikt zullen zijn. Dit zal echter niet veel meer inhouden dan twee aparte telefoons in dezelfde doos).

Dit is ongeveer gelijk aan de huidige situatie voor cellulaire netwerken, behalve dan dat deze enige mogelijkheden voor roaming tussen netwerken bieden (waar dezelfde technische standaard wordt toegepast, zoals bijvoorbeeld met GSM en NMT).

De ontwikkelingen voor de volgende generatie van mobiele communicatienetwerken gaan in de richting van integratie van technologiën; dat wil zeggen dat ernaar wordt gestreefd dat een en dezelfde terminal gebruikt kan worden als draadloze telefoon thuis, op een bedrijfscentrale, als cellulaire telefoon en als satelliettelefoon — en dat voor zover mogelijk overal dezelfde diensten worden aangeboden, met dezelfde kwaliteit en op dezelfde manier. Tege-lijkertijd is het streven ernaar om een zeer groot aantal diensten aan te kunnen bieden, die veel verder gaan dat alleen spraaktelefonie. Voorbeelden hiervan zijn video-telefonie, hoge-snelheids data-verbindingen, pakket-gekoppelde datadiensten en toegang tot databases. Wereldwijde roaming is ook een prioriteit voor de volgende generatie.

Om dit alles tegen concurrerende prijzen te kunnen bieden aan een massa-markt zijn vele technische ontwikkelingen nodig, die het liefst zullen moeten eindigen met open standaards. Op globaal niveau werkt de Internationale Telecommunicatie Unie (ITU) aan zulke standaards. Bij de ITU staat deze volgende generatie bekend als FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System) of IMT-2000 (International Mobile Tele-ommunications — 2000). In Europa wordt het standaardisatiewerk verzorgd door ETSI (European Telecommunications Standards Institute) [1], onder de naam UMTS (Universal Mobile Tele-communications System). In het algemeen wordt verwacht dat deze systemen kort na het jaar 2000 hun intrede zullen maken.

Het technisch onderzoek gebeurt in een zeer groot aantal bedrijven en instellingen. Een groot deel van het onderzoek wordt gefinancieerd door de Europeese Commissie in de RACE- en ACTS-programma's [2]. Wat betreft het satellietgedeelte van de volgende generatie is er relatief gezien nog betrekkelijk weinig gebeurd. Het RACE-project SAINT [3] heeft enig onderzoek verricht. Dit zal worden voortgezet binnen het ACTS programma vanaf 1996. Ook is te verwachten dat de aanbieders van de eerste-generatie satellietsystemen niet stil zullen blijven zitten. Om commerciële redenen maken zij echter zeer weinig bekend over hun toekomstplannen.

Ook de Europeese Ruimtevaartorganisatie ESA is actief op dit gebied, op dit moment nog voornamelijk met studies en enige technologische ontwikkelingen. Het aanschaffen van een nieuw satellietsysteem duurt enkele jaren, het is daarom nodig dat de technische fundering tijdig klaar is. ESA streeft ernaar om een volledig programma voor onderzoek, ontwikkeling en experimenten op te zetten, die zal moeten leiden tot het gereed zijn van de benodigde technieken en standaards omstreeks het jaar 2000. Dit programma wordt

gecoördineerd met het ACTS-programma van de Europeese commissie.

7 Om Meer te Leren

Dit verhaal heeft natuurlijk slechts enkele aspecten zeer oppervlakkig kunnen behandelen. Er bestaan enkele boeken over dir onderwerp, bijvoorbeeld [4]. Vele tijdschriften over mobiele communicatie hebben regelmatig artikelen over satellietsystemen. Ook zijn er conferenties gewijd aan dit onderwerp [5]. Op het World Wide Web is een zeer nuttige home-page die links bevat tot vele bronnen van informatie over dit onderwerp [6].

8 Samenvatting

De belangrijkste reden voor het bestaan van systemen voor persoonlijke satellietcommunicatie (althans in de nabije toekomst) is de wereldwijde bedekking die zulke systemen verschaffen, zonder dat plaatselijke infrastructuur nodig is.

Een persoonlijk satellietcommunicatiesysteem (S-PCN) werkt in principe op dezelfde manier als een cellulair netwerk, alleen zijn de basisstations in een kringloop om de aarde, in plaats van op masten in het landschap.

S-PCN systemen komen voort uit reeds bestaande systemen voor mobiele satellietcommunicatie, die al sinds de vroege jaren '80 beschikbaar zijn voor professionele gebruikers. Het nieuwe van S-PCN is dat deze vorm van communicatie nu ook binnen handbereik van zakenmensen en particulieren komt. Er zijn plannen voor veel van deze systemen, de eerste zullen rond de eeuwwisseling in bedrijf zijn.

De aanbieders van de eerste systemen richten zich in het bijzonder op zakenreizigers, op het invullen van gaten in de bedekking van cellulaire netwerken en op derde-wereld-landen waar infrastructuur voor telecommunicatie nog nauwelijks bestaat buiten de grote steden.

Aan de hand van enkele voorbeelden kan worden aangetoond dat het technisch in elkaar zetten van een S-PCN-systeem zeer gecompliceerd is, en dat zeer uiteenlopende oplossingen mogelijk zijn. Doordat de technische en economische beperkingen anders zijn, zijn de technische oplossingen enigszins anders dan degene die voor cellulaire netwerken worden toegepast.

Terwijl de eerste generatie S-PCN nog niet in bedrijf is, wordt al gewerkt aan de tweede generatie. Deze zal een geintegreerd onderdeel vormen van het universele mobiele netwerk voor het begin van de volgende eeuw (FPLMTS/UMTS).

Literatuur

[1] J. Rapeli, "UMTS: Targets, System Concept, and Standardisation in a Global Framework", in IEEE Pers. Comm., Vol. 2, no. 1, Feb. 1995, pp. 20—28.

[2] J. Schwarz DaSilva, B.E. Fernandes, "The European Research Program for Advanced Mobile Systems", in IEEE Pers. Comm., Vol. 2, no. 1, Feb. 1995, pp. 14—19.

[3] M. Mazzella, "R2117 SAINT — Integration of satellites into future mobile network", in Proc. RACE Mobile Telecommunications Summit, Cascais, Portugal, Nov. 1995. European Commission Publication XIII-B-166/95.

[4] "Mobile and Personal Satellite Communications", Springer Verlag, London, 1995.

[5] IMSC'95, International Mobile Satellite Conference, Ottawa, Canada, June, 1995.

[6] World wide Web URL http://www.wp.com/mcintosh_page_o_stuff/tcomm.html"

Voordracht gehouden tijdens de 441e werkvergadering

1920 ⇐ 75 JAAR ⇒ 1995

860 MHz < > 6 GHz

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING

NERG WERKVERGADERING 441

Datum:	donderdag 14 december 1995
Locatie:	"FEM", de Uithof
Plaats:	Utrecht
Tijdstip:	10.00 - 17.00

Onderwerp

"Draadloze Wereld", Mobiele communicatie, nu en in de toekomst

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrum doorlopen worden . In deze werkvergadering, die samen met PT Opleidingen georganiseerd wordt, zal aandacht worden besteed aan het frquentiegebied van 860 MHz tot 6 GHz. In dit frequentiegebied is draadloze communicatie een belangrijke toepassing. In deze werkvergadering wordt aandacht besteed aan huidige en toekomstige mobiele systemen.

PROGRAMMA

09.30 Ontvangst met koffie

10.00 Opening door de dagvoorzitter, **prof.ir. J.H. Geels, voorzitter NERG**

10.05 Welkomstwoord, **ing J. de Bruin, directeur PT Opleidingen**

10.10 "Digital European Cordless Telephony (DECT) in the local loop", **Dr. M. Gentsch, Siemens**

10.50 "Libertel and the Dutch Telecommarket", **ing. C.J.A. Pannekoek, Libertel**

11.30 Pauze

11.50 "Cleopatra: een planningstool voor mobiele netwerken", **dr,ir. E. Smeitink, KPN Research**

12.30 Lunch

13.30 "Persoonlijke satellietcommunicatie", **Lars Erup, ESA/ESTEC**

14.10 "Meteor Burst Communication", **F.Obers, M.B.C. Europe,**
prof.dr.ir. G. Brussaard, TU Eindhoven

14.11 Pauze

15.10 "Draadloze Local Area Networks (LANS): Van WaveLAN tot Wireless ATM"
ir. L. Monteban, AT&T WCND

15.50 "De radio-interface van Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)"
ir. W.H. Hollemans, KPN Research

16.30 Discussie met sprekersforum

17.00 Sluiting

VERGLAZING NEDERLANDSE AANSLUITNET

Visie, Planning & Rollout[1]

dr N.H.G. Baken
PTT Telecom
POB 30150 2500 GD the Hague
the Netherlands



Summary

An optical Access Network is being introduced in the Netherlands as an optical overlay network in the primary part of the access network. Following the stages of vision, strategy, policy and design, now in 1995 the actual roll out has started right from the beginning of the year. The basic structure and global design guide lines have been developed such that the availability of the services is maximized and maintenance costs are minimized; the network is future proof. The guidelines are used to design blueprints of the future Primary Access Network (PAN) with a sophisticated computer tool. The network architecture consists of 3 to 5 FO rings per Local Exchange Area and implies enlarged availability through *dual routing* The rings of different LEA's are coupled if the market requires the feature of *dual homing*. Momentarily over 200 blueprints are available covering all major cities in the Netherlands. The timing of the investments through implementation of the blueprints is market driven.

The process of designing blueprints has been carried out by the Network planners of the 13 operational regions. For maintaining a uniform and well defined process, the (gross) information which is generated on a national level, is combined with detailed) local (market and topographical) information, using standard data models and optimizing strategies. The process of translation of the blueprints into real projects and the actual implementation of these projects are being carried out by the construction departments of the regions. In this paper, a concise enumeration is given of the different stages (vision, policy, planning, design, construction, main tenance) and disciplines (commerce, technology and operations) related to the in troduction of PAN.

Introduction

Within the strategy department of the Business Unit Netwerk Services of the Dutch PTT Telecom, in 1991 the first draft of a strategy for the introduction for Fibre In The local Loop was designed. Because Fibre To the Home was still a unrealistic goal, but the need for Fibre In The Loop was obvious, the target was to install fibre in Primary Access Network (PAN) throughout the Netherlands on a regular basis starting in 1995 using a specific Fibre To The Zone concept. This resulted in a Master Plan in 1992 sta ting that FO solutions in the access network ought to be

found to serve the changing needs of the business custo mers from 1995 onward and to create at the same time a

basis to accomodate residential customers with new mul timedia services from 2000 onward. In the same year 1992, the formation of the PAN-project started. Commer cial, technical and operational guidelines were designe

[1] *This paper is based on a presentation for the Outside Plant 12 Conference, Ft Lauderdale, Florida, 12 september 1995*

within some 14 project groups in 1993. In 1994, on the basis of the guidelines, the blueprints of the FO-rings for the Primary Access Network were produced using a sophisticated computer-tool, pilots were executed and the guidelines expanded and tuned to the findings in the pilots. Thus, all preparations were in place for a major roll out in 1995.

Obviously, the large scale introduction of fibre in the access network has a major impact on all parts of the organization.

Firstly, the position of PTT-Telecom on the Dutch market changes rapidly through liberalization and competition so that broadband services for business customers become cheaper, gain quality and be more easily available. In greenfield situations both consumer and business customers will be served by the optical PAN. In future, the network will offer the opportunity for B-ISDN, multimedia, et cetera. These factors obviously affect the commercial departments.

Secondly, the technical structure is completely new for the technical departments although the LEX-service areas are not affected. Nevertheless, these departments were used to plan, work, think in copper vocabularies for over a century. The new network structure is a fibre ring, and not a star structure, with access nodes for 500 to 4000 (future) customers. Each ring starts and ends at one and the same LEX. The network focusses initially on FTTO-services for the (large) business customers and DLC for POTS and ISDN. The structure is suitable to support a (future) FTTC or FTTH network.

Thirdly, all major processes (administration, maintenance and provisioning) are affected by the commercial and technical changes. By involving people of the operational districts in every stage of the project the organizational / operational change has been anticipated and incorporated.

These three aspects, commercial, technical and operational, have all had equal attention in the planning process of PAN to ensure a smooth roll out in 1995; they will be dealt with in this paper subsequently.

Commercial aspects

PAN is a market-driven concept. Within the blueprints all current market information and market prognoses is incorporated; the local marketing departments collect the market data and present the data in a certain format to the planning departments of the telecom district. The actual implementation of a PAN network, i.e. the transformation from blueprint into an existing FO-network is predominantly triggered by the market demands of large business customers. PAN is able to cope with todays and future demands of all business customers, and designed such that through new generations of transmission equipment all residential customers can be served as well. Today, only under specific conditions, residential customers are connected.

Technological aspects

Among the technological aspects we gather: the network architecture, the planning and designing, the outside plant and housings, the construction guidelines, the selected (transmission) equipment and powering.

the network architecture

Many network architectures have been studied. Principal criteria for the arcitecture were the demands for availability, flexibility, costs and the fact that network had to be future proof and able to serve any future multimedia service both for business and residential customers. Finally, the choice was made for ring structures, 3 to 5 rings in each Local Exchange Area (see figure 1); a *fibre-poor* concept was adhered. Each ring could count at the maximum some 200 fibres. In each ring 5 to 7 access nodes are installed, where the secundairy network starts to connenct the customers. With the ring architecture enlarged availability is ensured through *dual routing*; the rings of different LEA's are coupled if the market requires the feature of *dual homing*. The statistic average of the unavailability, in that case, is less than two minutes a year.

the planning and design process

For several reasons, the PAN-project requires changes in the planning process.

time to market
New services (eg. multimedia, distributive services) in a competing environment demand a fast implementation of network capacity.

uniformity
The technological change from copper to fibre asks for a new attitude and new skills of the design engineers. In order to be able to adapt the network to the latest developments, it has to be uniform throughout the Netherlands.

uncertainties
The planning process has to start when the technical target structure is not yet definitive. Therefore, the planning process should be flexible and the use of outdated information is a real threat.

costs
Both the investments and the operational costs of the network will be high. Design errors can have substantial financial consequences for the life cycle costs of the network.

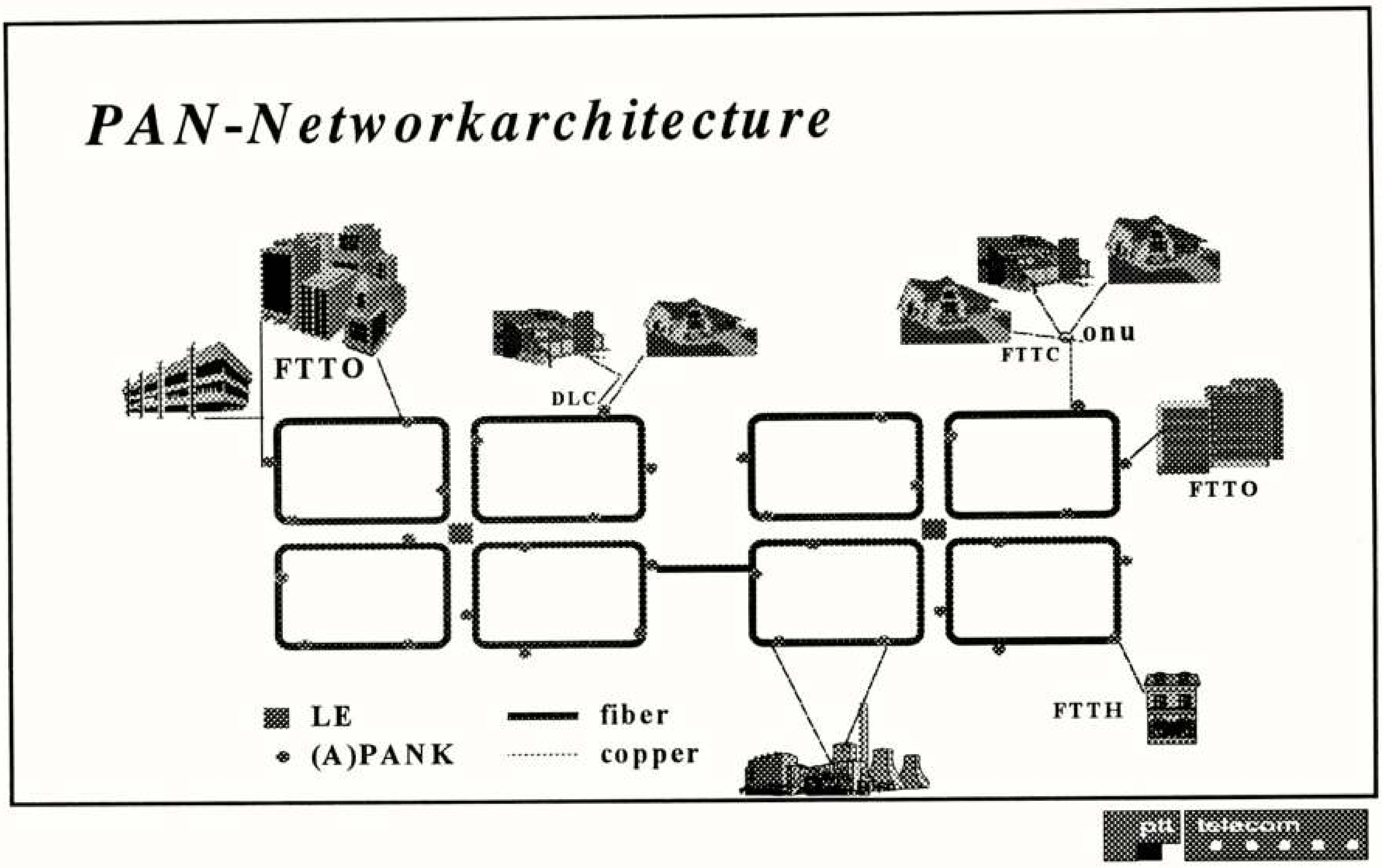


Figure 1: Network Archtecture PAN

The points stated above, show that just communicating the guidelines will not result in a desired, future-proof network. A team of engineers at headquarters, research laboratories and the telecom districts cooperated in adapting the planning process. Several workshops for design engineers were organized to discuss the latest information, and gain acceptance. A lot of time is saved by working this way. For smooth acceptance important items were:

- that the district remains responsible for the local network design;
- value adding by the use of local knowledge;
- intuitive recognition of the output of supporting tools.

It has been decided to automize parts of the planning process and standardize the working method and documentation. The resulting PAN planning process can be divided in two parts. The first part focusses on blueprints of the future architecture. They have to meet both national guidelines and local (commercial) demand. Once the blueprints are definitive, the next step of the planning process is the market driven implementation. During the years of implementation the blueprint can be adapted to the 'state of the art' guidelines.

A blueprint is a design of the primary optical access network in a LEX-area. It serves as a basic architecture to realize individual projects. To support design, PLANTOOL has been developed. PLANTOOL is a computertool which couples general guidelines and actual design. It contains:

- a geographical background;
- cost optimization, using local market and technical information;
- structure editing facilities.

Designing blueprints starts with collecting three types of data:

1. Geographical data
A standard method of geographical representation of the LEX area in square cells is used, to facilitate data representation. Cells are defined according to the nationally unique coordinate system, so the digital map in plantool is compatible with geographical maps.

2. Marketing data

Forecasts of telecommunication services are produced by existing marketing tools. Services are divided into a limited number of categories (to determine network capacity). The market-forecast of the LEX area is spread (per category) over the cells. In making this division, data of the used lines in the existing network is used. Plans under develo-pement in the area (new houses and/or industries) as well as potential broadband customers (FTTO and CATV) are added to the corresponding categories within the cells.

3. Technical data

the service area of the LEX defines the extend of the net-work. The installed OAN (Optical Access Network) and the location of the LEX must be integrated in the blueprint. The optimization is integrated in plantool. Because the computations use rather eleborate scenarios of the Optical Access Network in the future, the design engineer does not need detailed knowledge of component costs and (realistic, expected) future developments. Furthermore, the criteria of optimization are uniform and easily adapted (by changing model-parameters).
The PAN network structure, shown in the blueprint, is described by:

- the location of network-nodes;
- the service area per node;
- the PAN cable network.

Transmission technology forms no part of the blueprint, since it is subject to change whereas the cable network and its nodes are designed for a long period.

the outside plant and housings

The average lenght of a ring is just over 7000 meters. The FO cables used, count 24, 48, 72 or 96 fibers depending on the market demand. Two cables can be installed per ring in two separate HDPE tubes. In each node one or more fiber-tubes (with 8 fibers per tube) are used to serve the feeding area of the node. The fibers are led in the PAN node via a generic closure towards a so called Optical PAN Distribution Frame (OPDF) that has its counter part in the Local Exchange: the Optical Main Distribution Frame (OMDF). The OMDF collects the fibers of all the rings in the LEA. The build up of OMDF and the OPDF is identi-cal and differs only in capacity (in the Local Exchange 432 fibers have to be manipulated if in the LEA three rings are present). The fibers that are branched off in the node on the OPDF are provided with a pigtail with a fiber-connector that fits to a patch panel. The other fibers are not manipulated and go on to another node. In the distribution frames we find the Raychem Physical Fiber Management Systems, i.e. the single circuit fusion-cassettes, to ensure positive fiber management. The cassettes are gathered on a slide-tray that fits in a ETSI-frame which itself is placed in a cabinet. The cassettes are also used in closures in the ring for installation-fusions; these closures are placed in hand-holes. The nodes are active, that is they contain active equipment. Jumper cables either connect the OPDF with the equipment or fibers used in the Secundairy Access Network for FTTO- and video applications. On the patch panel the connectors for the transport of video channels are marked with a different colour.
If fibers are used in the SAN, mostly a star structure is used. A FO cable with 24 fibers leads to a handhole with Single Fiber Management Systems to connect this cable with 6 FO cables with 4 fibers for the (business) custo-mers.
The PAN nodes are designed by the construction depart-ment as are the guidelines for construction and installation. There are two housings called the B960 (3,7x3,0 meters, height: 2,7 meter) and the B1920 (5,3x3,8 meters, height: 2,7 meter).

the transmission devices and powering

On the tracks between the LE and the PAN nodes, in the PAN ring, inherently FO transmission is applied. The PAN nodes can be 'passive' if they are only used as a ma-nipulation point for fiber connections as is the case with FTTO. In other cases devices such as access multiplexers and line-sytems are installed. A new Digital Loop Carrier has been released to this end. Access multiplexers have been modified and their capacity has been increased to enable speeds up to 144 Mbps per fiber.
In each node the primary powering is ensured using the facilities of the regional power company; as a first back-up, batteries are installed guaranteeing at least 4 hours of power and as a second back-up, mobile generators can be connected to the node. Using the ring-strucure and this power scheme all availability requirements can be met.

Operational aspects

Among the operational aspects we gather: education of the workforces, organization, administration, networkma-nagement, provisioning and maintenance. Some of these items are dealt with concisely.

education

A special training-centre was set up in Amsterdam to edu-cate the planners of the 13 telecom districts to work with PLANTOOL for the production of blueprints. In total 11 new education-modules were designed to train the work-force.

administration

New procedures have been written that can cope with the ring-structure, the inter-ring couplings and FTTO archi-tectures, they anticipate on a new, overall Network Admi-nistrative System.

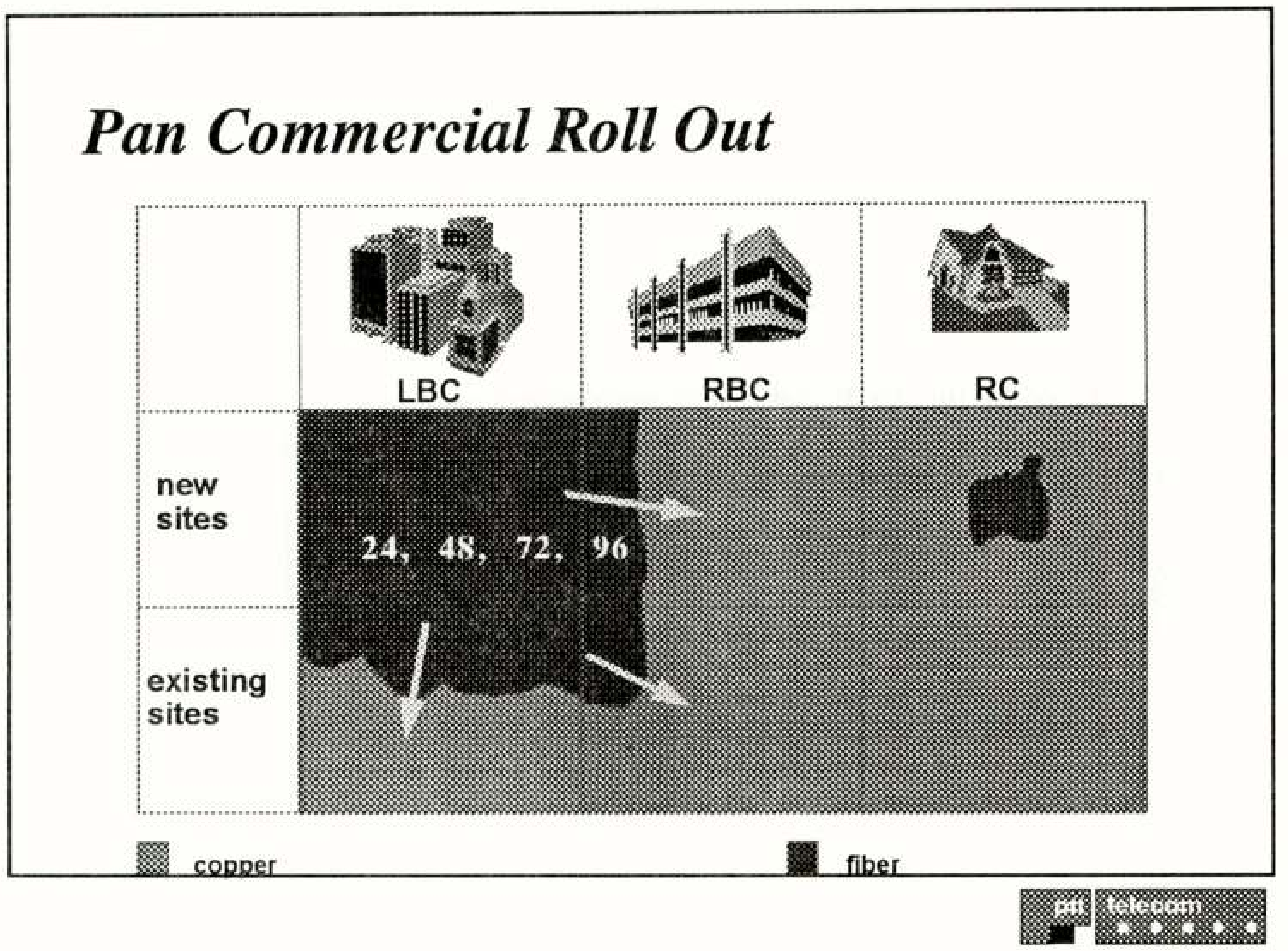
networkmanagement

Special applications have been built for surveillance and management of the PAN rings and the secundary network.

maintenance
In case of rupture of the rings, a new concept for repair has been developed in which a section of the ring between the nodes is replaced.

CONLUSIONS

After a period of extensive preparation (strategy, policy, pilots), PTT Telecom has started in 1995 the roll out of a Fiber Optic network PAN for the access network in all major cities in the Netherlands and continues to do so in the coming years. The architecture is based on a fiber to the Zone concept and uses 3 to 5 rings in each Local Exchange Area; per ring 5 to 7 nodes are installed from which the customers are connected. The timing of the investments through implementation of the blueprints is market driven and is momentarily focussed on the business customers (see figure 2).



Figuur 2 Market driven roll out with focus on the Large Business Customers

Voordracht gehouden tijdens de 442e werkvergadering

1920 ⇐ 75 JAAR ⇒ 1995

155 Mbit/s < > 2,5 Gbit/s

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING

NERG WERKVERGADERING 442

Datum:	woensdag 17 januari 1996
Locatie:	KPN Research
Zaal:	Gehoorzaal
Adres:	St. Paulusstraat 4
Plaats:	Leidschendam
Tijdstip:	18.00 - 21.30

Onderwerp
VERGLAZING VAN HET NEDERLANDSE AANSLUITNET

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrum doorlopen worden . In deze 8e werkvergadering in het jubileumjaar zal aandacht worden besteed aan de verglazing van het Nederlandse aansluitnet. Deze verglazing is de basis voor de aansluiting van bedrijven en later ook particulieren op de toekomstige elektronische snelweg.

PROGRAMMA

18.00 Nieuwjaarsreceptie met borrel en hapjes

19.00 Opening door de voorzitter

19.10 Verglazing in het Nederlandse aansluitnet, Visie, planning en roll out, **dr.ir. N.H.G. Baken, PTT Telecom**

20.0 0 Koffiepauze

20.20 Verglazing van het Nederlandse Aansluitnet, Outside Plant Systemen, **G. Deurwater, Raychim**

21.00 Afsluiting en gelegenheid tot napraten onder genot van een drankje

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden door de aanmeldingskaart vóór 9 januari aanstaande te zenden aan het NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
Er zijn aan deze werkvergadering geen kosten verbonden. Kosten voor introducés bedragen *f* 15,-, vooraf over te maken op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Het aantal deelnemers is beperkt tot 100. Tijdstip van ontvangst van aanmelding is beslissend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.

Namens het NERG,
ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

FUNDAMENTALS OF WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEX

OPTICAL COMMUNICATION NETWORKS



by
W. van Etten

University of Twente

Abstract

It is shown that in potential the capacity of optical fiber is virtually unlimited. However, the electronic bottle-neck and fiber dispersion prevent the use of this capacity to its full extent. A description is given of different wavelength multiplex devices to be used in wavelength division multiplex networks. Subsequently, broadcast and select networks are dealt with. In order to provide the optical networks with flexibility, wavelength routing networks are introduced. Moreover, these networks are more efficient with respect to power and number of wavelengths.

1 Introduction

The bandwidth of optical fiber is enormous. When taking the derivative of the relation

$$c = f \cdot \lambda \tag{1}$$

we arrive at the static bandwidth

$$|\Delta f| = \frac{c}{\lambda^2}|\Delta\lambda| \tag{2}$$

Using this equation it is easily revealed that for wavelengths of the order of 1 mm and a wavelength span of 100 nm the fiber shows a bandwidth of $3\'10^{13}$ Hz. This is the equivalence of a frequency-multiplexed bandwidth of three million television channels. Due to fiber dispersion and limitations of the processing electronics (electronic bottle-neck) only a small part of this bandwidth can effectively be used for each channel [1]. A more efficient use is enabled by the application of wavelength division multiplexing (WDM). This technique can serve two goals:

- to increase the transmission capacity of point-to-point connections;
- to enhance the aggregate capacity and flexibility of fiber optic networks.

In WDM systems the fiber is illuminated by a number of lasers at the same time, each laser having its own wavelength and information-carrying signal (see figure 1).
In point-to point connections at the receiving end the receivers select their respective signal by means of optical filters, which form the demultiplexer (figure 2). The number of channels that can be handled in this way depends on the wavelength stability of the lasers, the selectivity of the multiplexers, and the cross-talk that can be permitted.

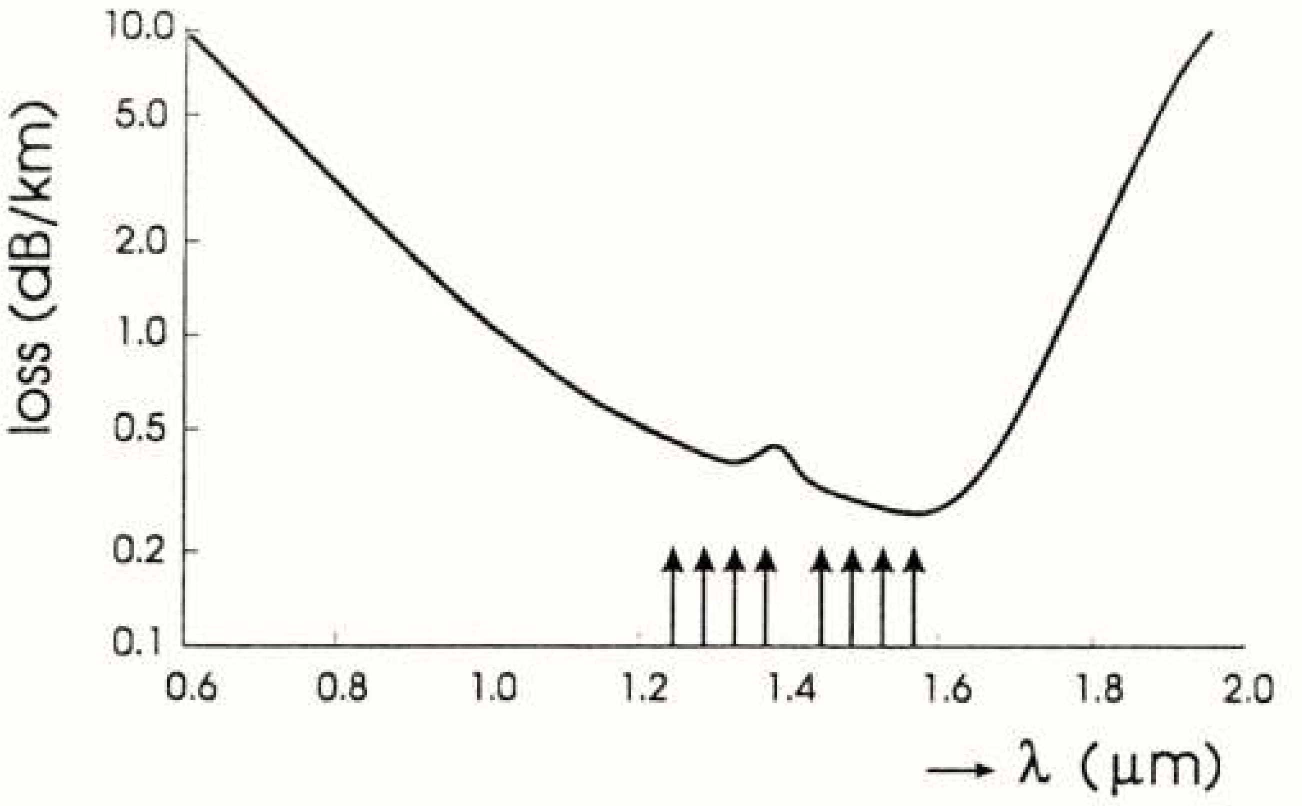


Figure 1. Loss characteristic of silica fiber with a few WDM channels

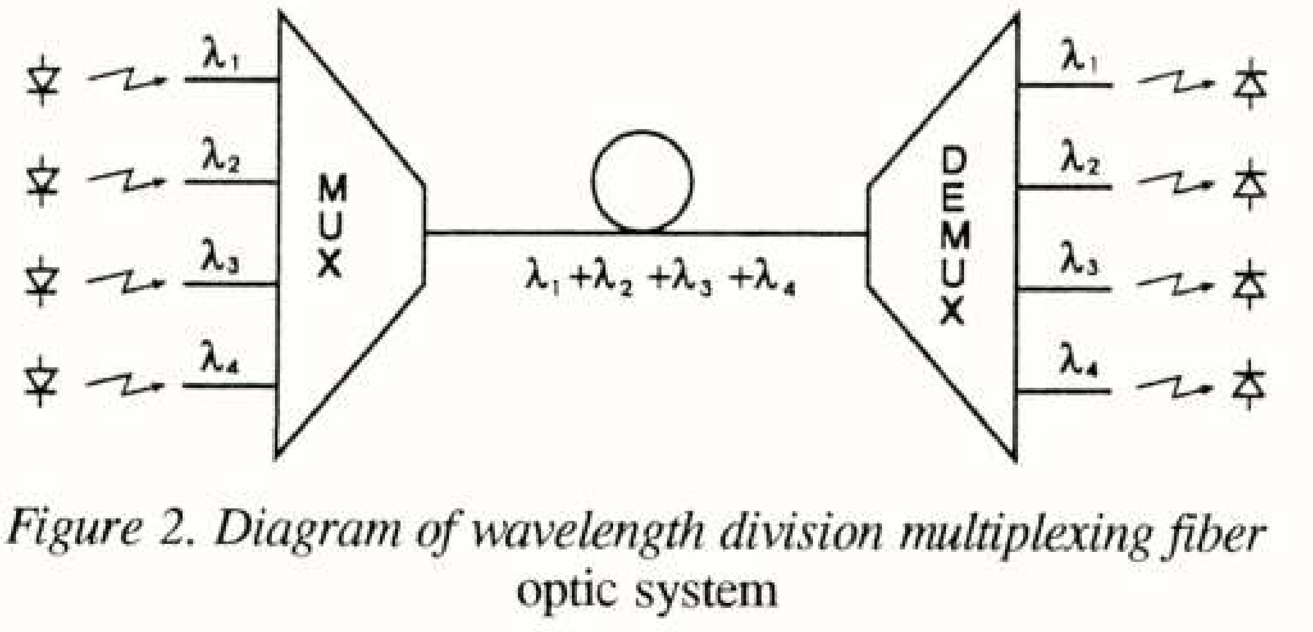


Figure 2. Diagram of wavelength division multiplexing fiber optic system

Since wavelength demultiplexers are reciprocal passive optical devices, they can be used in the opposite direction, i.e. as multiplexers. A description of the (de)multiplex devices will be given in Section 2. The enhancement of capacity and flexibility offered by WDM to optical communication networks will be dealt with in section 3, which is devoted to Broadcast and Select Networks and Section 4, which describes Wavelength Routing Networks. Conclusions are given in Section 5.

2. Wavelength demultiplexer devices

A wavelength demultiplexer must have an optical component that can separate the different wavelengths spatially; the following devices can serve this purpose:

- a prism;
- optical coupler;
- a Fabry-Perot resonator;
- an interference filter;
- a grating;
- a phased array;
- a Mach-Zehnder interferometer;
- the acousto-optic filter.

Due to their low selectivity and incompatibility with fibers, prisms are not used as demultiplexers. Couplers show a low selectivity as well, but as far as fiber implementations concern, have the advantages of compatibility with transmission fibers and low insertion loss. They are used in applications where selectivity is not a major issue. Moreover, fiber couplers are extensively used as optical power splitters or wave combiners.

The basics of almost all (de)multiplexers is the splitting of the incoming wave in two or more parts. These different waves are subject to different optical path lengths before being recombined. In recombining the waves can interfere constructively or destructively, depending on the path length difference and, what is more important, the wavelength. The selectivity, i.e. the channel distance, can be as small as a few tenth of a nanometer in the region of 1520 - 1555 nm, which is one of the regions of interest for communication purposes.

The Fabry-Perot filter

The Fabry-Perot filter (abbreviated as FP filter) consists of two parallel mirrors with a high reflectivity (90% or more). In this way an optical resonator is created, giving low loss at the resonance frequency and high loss out of resonance. Figure 3 shows the transfer function of the filter as a function of the normalized optical frequency. The selectivity of the filter is determined by the reflectivity R of the mirrors. The higher this reflectivity, the greater the selectivity will be.

In mathematical form the transfer function reads [2]

$$H(f) = \frac{(1-R)^2}{(1-R)^2 + 4R\sin^2(\frac{2\pi fnL}{c})} \tag{3}$$

where c is the speed of light, f is the optical frequency, L is the distance between the mirrors and n is the refractive index of the material in between the mirrors. Both from this equation and figure 3 it follows that the FP filter shows a periodical resonance.

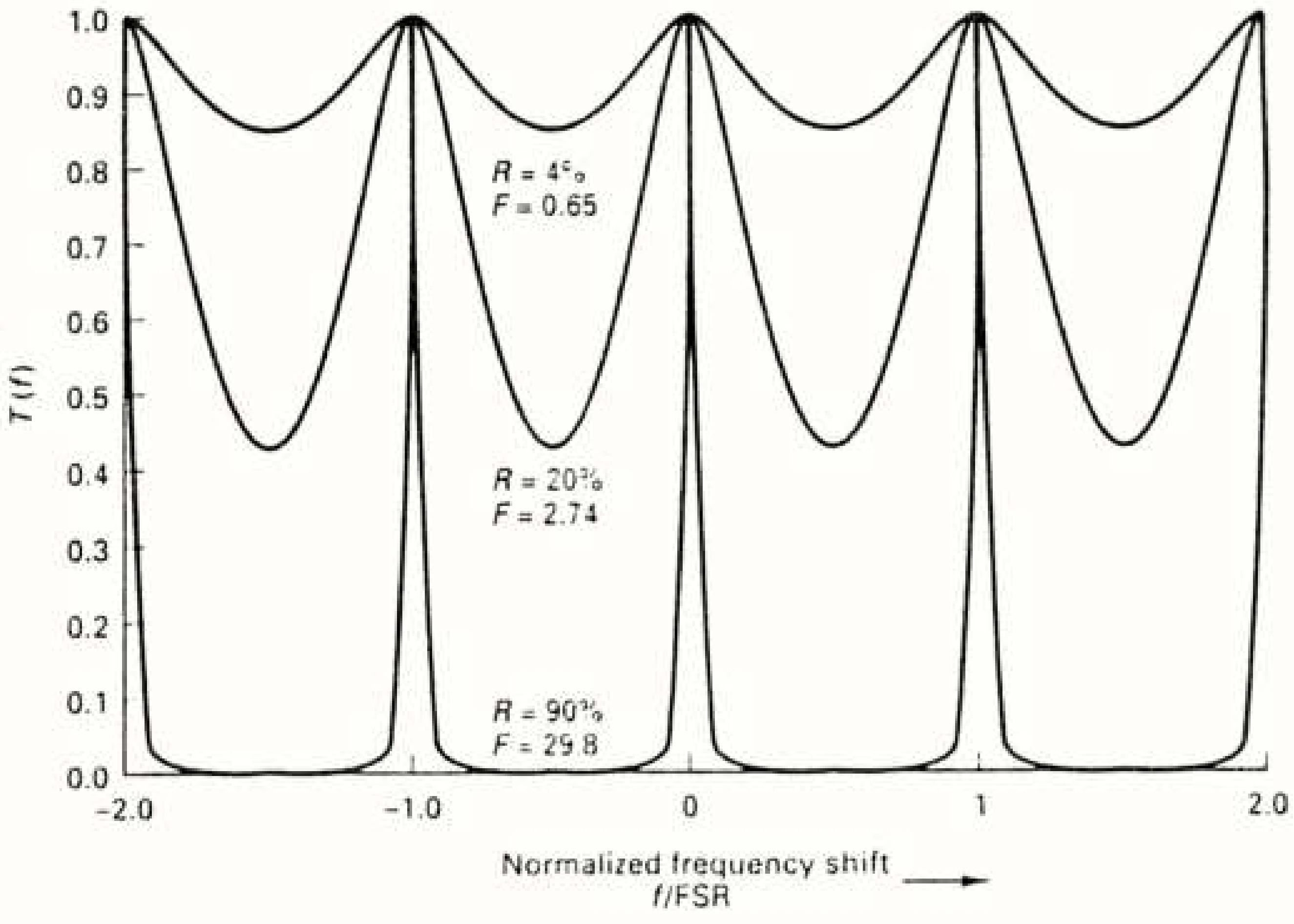


Figure 3. Transfer function of the Fabry-Perot filter as a function of the normalized optical frequency

The distance in frequency between two successive resonances is called the free spectral range (FSR) and it follows from Eq. 3 that this can be expressed as

$$FSR = \frac{c}{2nL} \tag{4}$$

This periodicity should be kept in mind when utilizing this type of filter. Both the refractive index n and the distance L can be used for tuning purposes.

An interesting implementation is the so called fiber Fabry-Perot filter (FFP). The end faces of two closely spaced fiber ends are covered with a reflective material, forming the mirrors. The spacing, i.e. the length L of the resonator cavity, is controlled by piezo stacks, in this way realizing the tunability of the device (see figure 4).

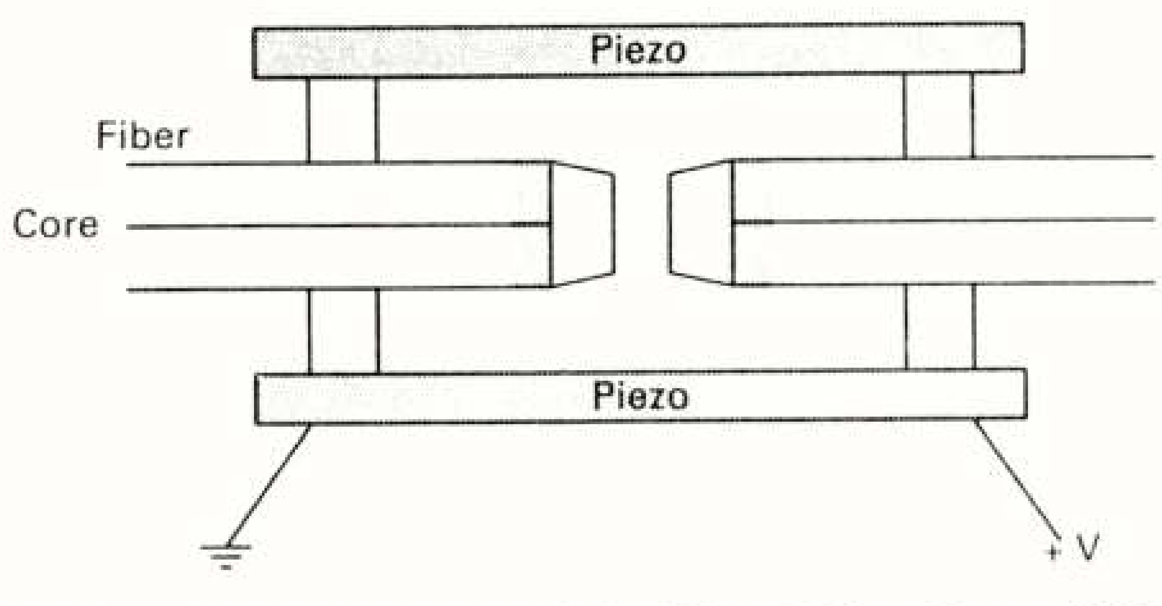


Figure 4. Configuration of the fiber Fabry-Perot (FFP) tunable filter

Interference filters

Interference filters are based on the reflection of certain wavelengths by a stack of thin dielectric layers and the

transmission of other wavelengths through the stack [3,4]. The layers are produced to have alternating a relatively high and a low refractive index. Figure 5 shows a demultiplexer based on this principle. The arrangement of the layers must differ from one fiber to another in order to select different wavelengths.

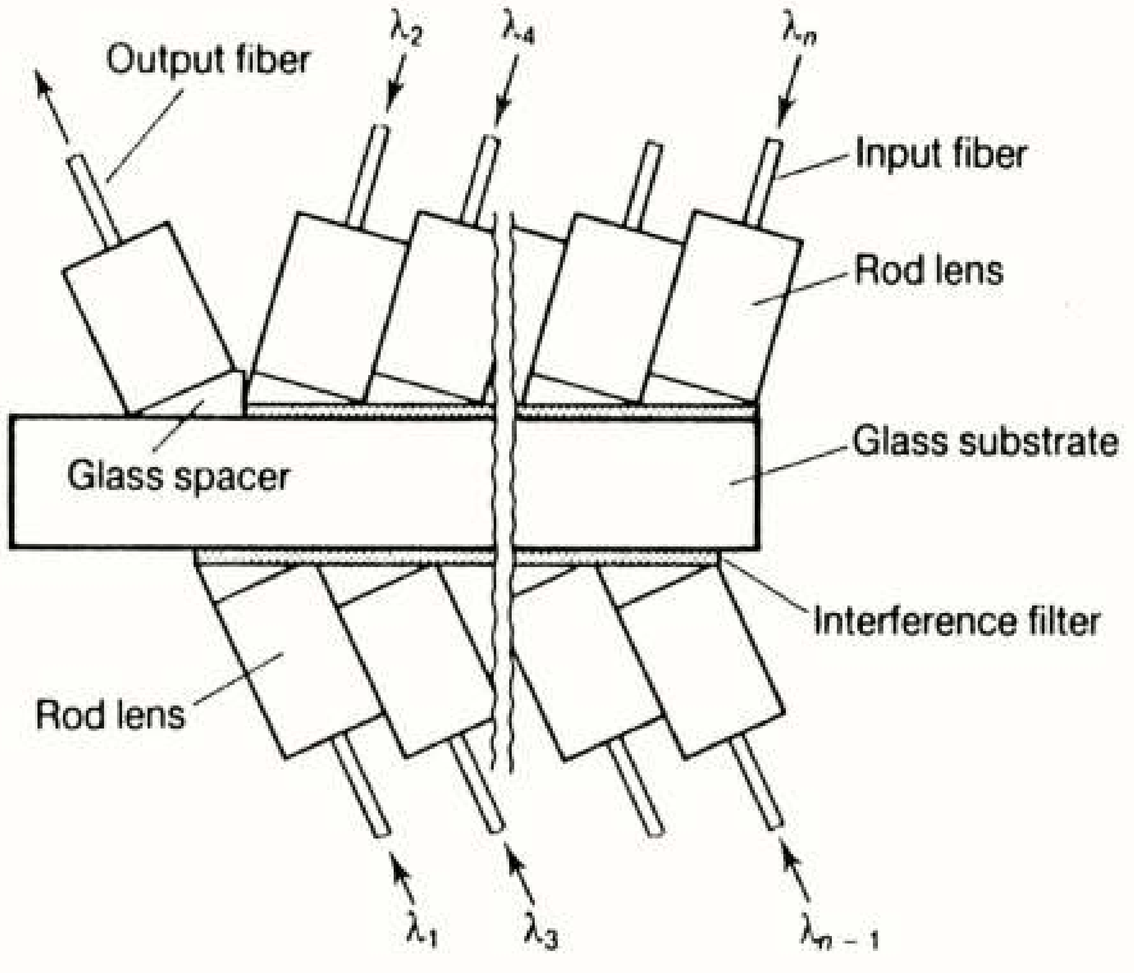


Figure 5. A wavelength (de)multiplexer with interference filters

Gratings
In grating (de)multiplexers the path length difference is achieved by the various facets of a reflecting grating, for instance. This type of demultiplexer often uses Littrow mounting [4]. This means that a single (composite) lens provides both collimating and decollimating of the light bundle emitted from the input fiber towards the grating, so that it is selectively reflected to the output fibers (see figure 6).

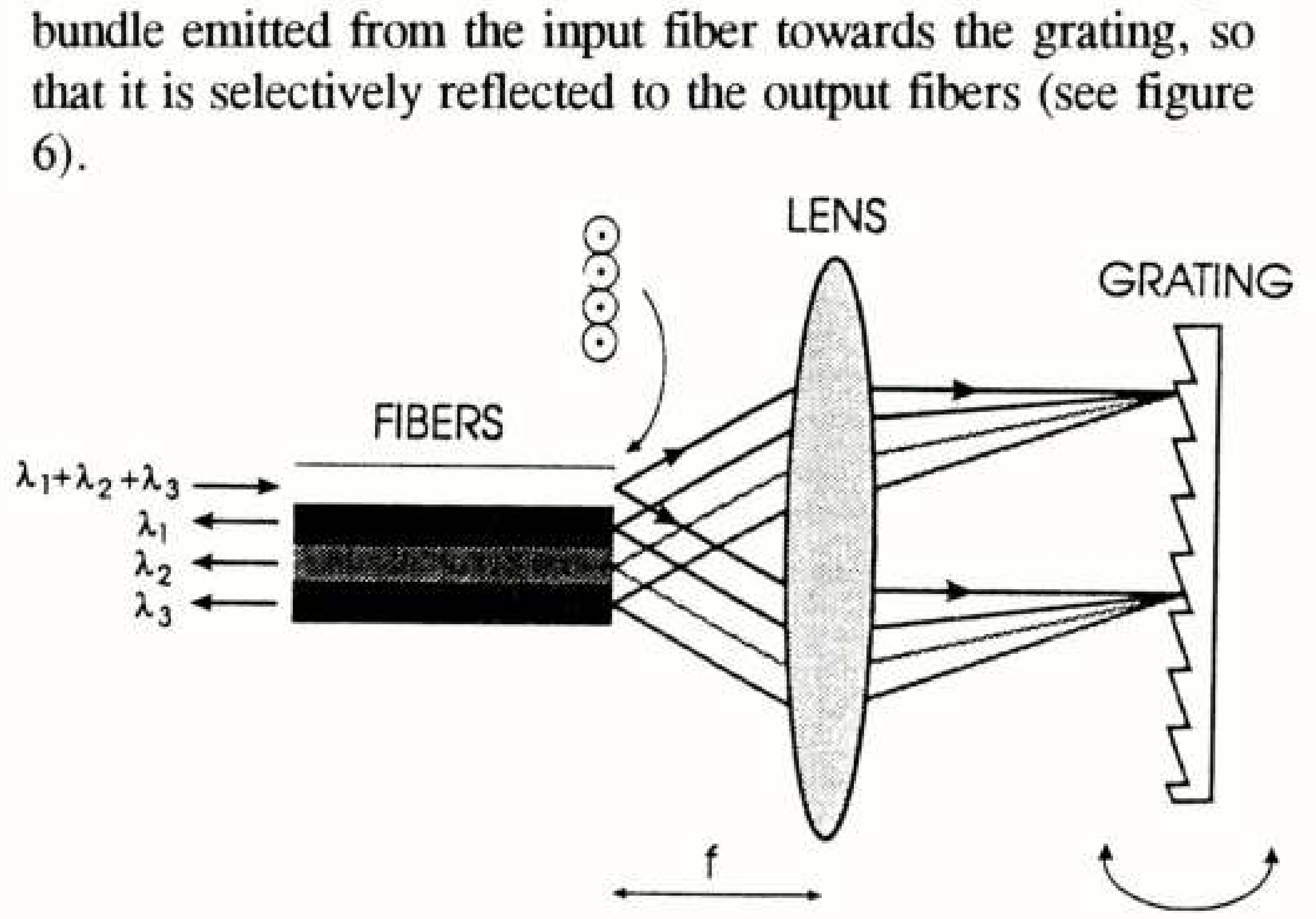


Figure 6. A grating (de)multiplexer with Littrow mounting

Figure 7 shows a possible loss characteristic as a function of the wavelength for the different channels. This example has channels separated by 20 nm; a separation of 2 nm has been reported. Well designed grating demultiplexers can have insertion losses as low as 1.5 dB.

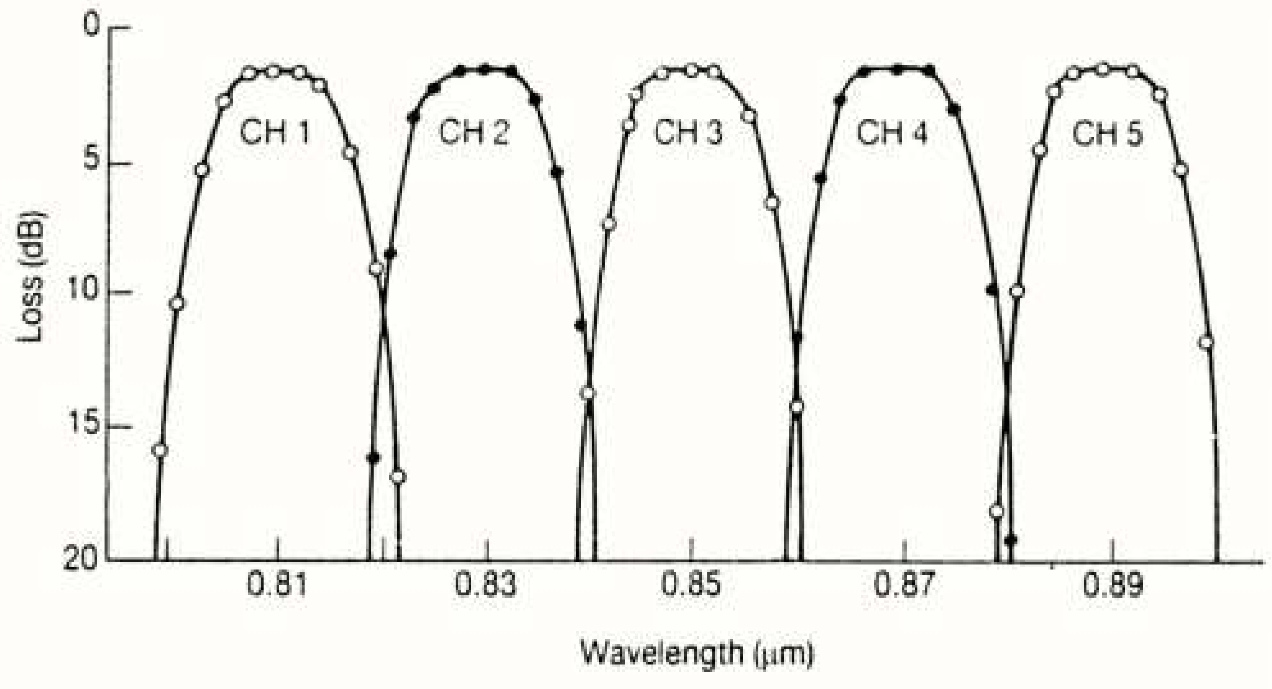


Figure 7. Loss characteristic of a grating wavelength demultiplexer

Pased array
Next device is, just like the grating and the FP filter, based on the interference of various waves originating from the same input wave. The implementation given here, however, is more suited for integrated optic realization. It is called the phased array demultiplexer (see figure 8).

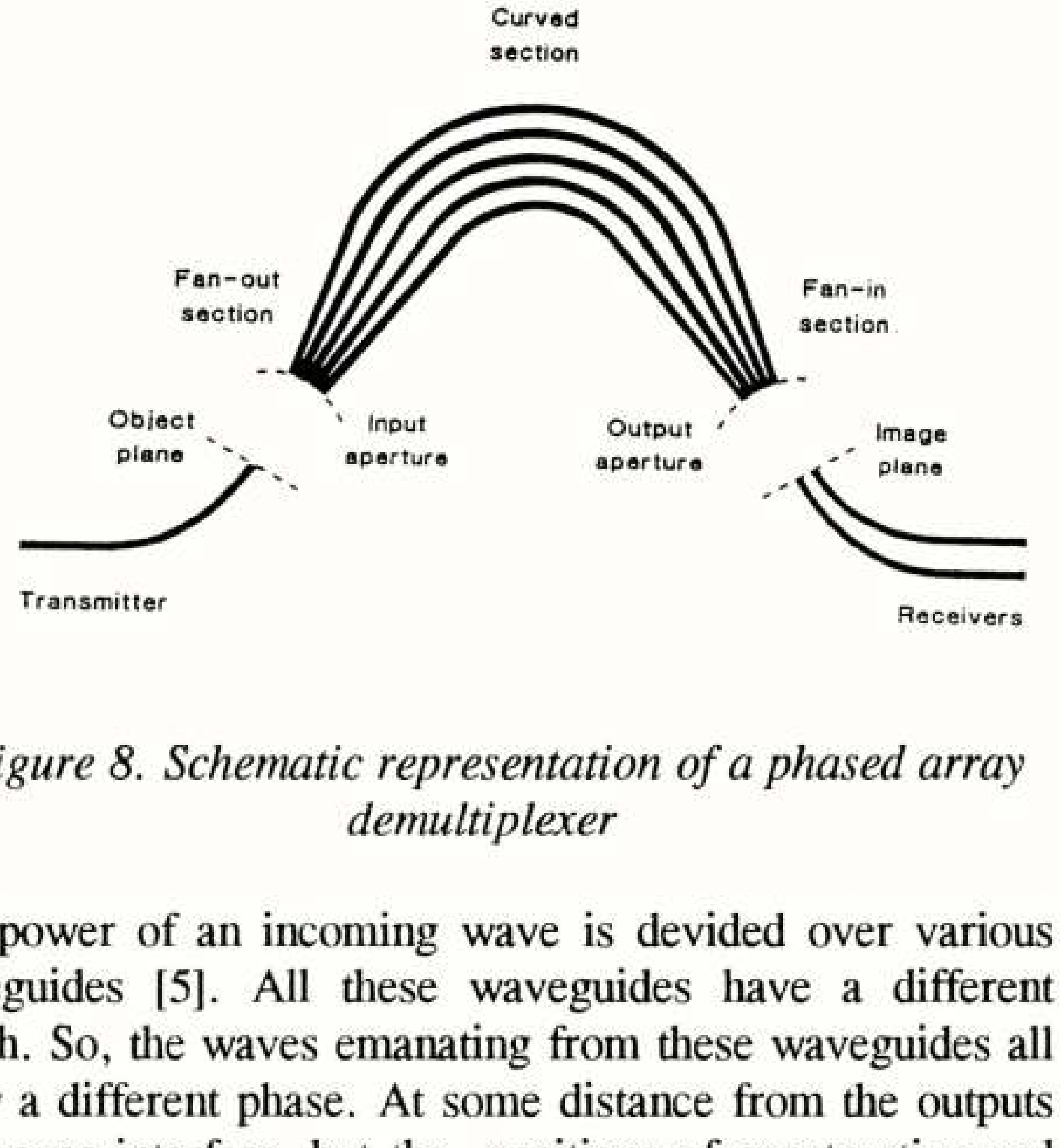


Figure 8. Schematic representation of a phased array demultiplexer

The power of an incoming wave is devided over various waveguides [5]. All these waveguides have a different length. So, the waves emanating from these waveguides all show a different phase. At some distance from the outputs the waves interfere, but the positions of constructive and destructive interference depend on the wavelength. By putting waveguides at the focus points of the phased array the power belonging to different wavelengths is collected in different output waveguides.

The phased array demultiplexer can serve a somewhat different goal, namely it can operate as a so-called add/drop multiplexer (ADM). This device can extract (drop function) a specific wavelength from a set of wavelengths in a WDM system. Moreover, at the same time it can insert information that is modulated at the same wavelength (the add function). In general, the phased array itself is a symmetric device, which means that besides different output waveguides it can be provided with different input waveguides. These waveguides at either side of the array behave symmetrically with respect to wavelength (see figure 9). This enables the add/drop function.

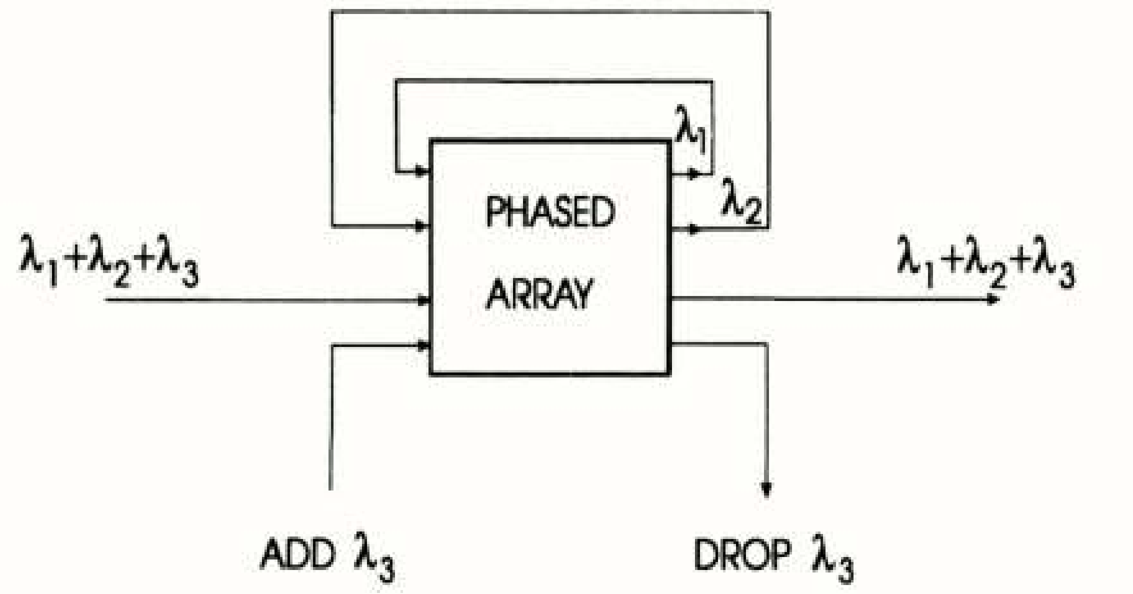


Figure 9. The phased array used as an add/drop multiplexer

Mach-Zehnder interferometer
The next type of demultiplexer to be dealt with is based on the Mach-Zehnder interferometer (MZI). This interferometer consists of optical circuits in which an incoming wave is split into two waves that are recombined after a certain optical path length (see figure 10 for an integrated version).

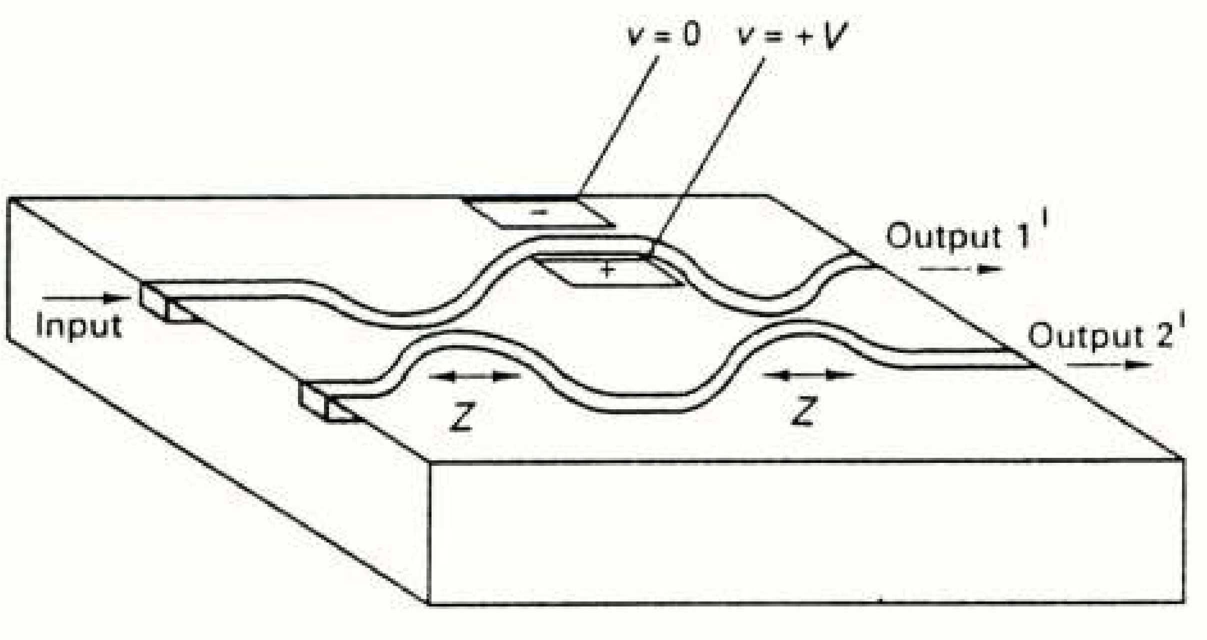


Figure 10. Integrated version of the Mach-Zehnder interferometer

When the difference in path length is ΔL, the transfer function from the input to output 1' is written as [6]

$$H_{11}(\lambda_0) = \sin^2\left(\frac{\pi n}{\lambda_0}\Delta L\right) \qquad (5)$$

and the transfer from the input to output 2' reads

$$H_{21}(\lambda_0) = \cos^2\left(\frac{\pi n}{\lambda_0}\Delta L\right) \qquad (6)$$

In these expressions n is the refractive index in the optical paths and λ_0 is the wavelength in vacuum. These transfer functions have been plotted in figure 11 for a certain configuration. The remarkable characteristics of this type of demultiplexer are the closeness of the channels (as close as 10 GHz) and the gradual fall of the transfer functions. The pass band can be flattened by means of a cascade of different interferometers. In this way, the demultiplexer has more outputs, and becomes a multichannel demultiplexer [7].

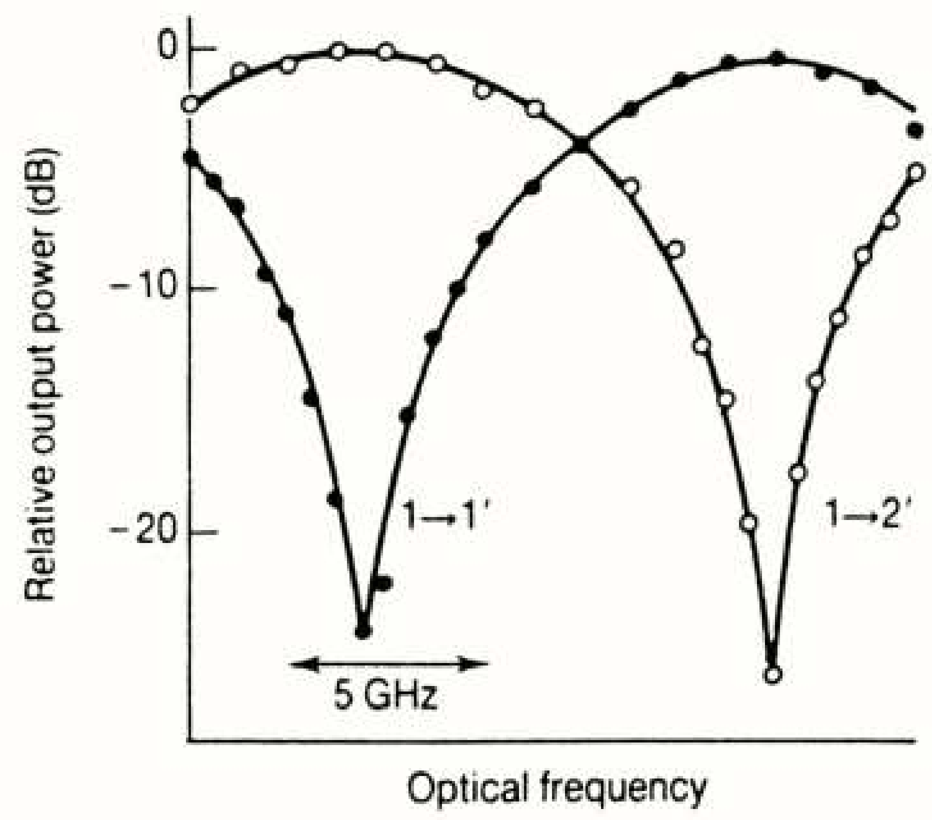


Figure 11. Demultiplexing characteristic of a Mach-Zehnder interferometer

The MZI presented is provided with electrodes. When the proper material is used for the substrate, e.g. $LiNbO_3$, the filter is made tunable by means of the electro-optic effect. Moreover, when operated at a fixed wavelength the MZI can serve as an optical modulator or switch. If in this latter case the input splitter and output combiner consist of couplers as shown in figure 10 a cross/bar switch results. This is readily seen from Equations (5) and (6); it follows that the outputs 1' and 2' are in anti-phase.

The acousto-optic filter
Many optic materials show acousto-optic effects, i.e. their optic properties change under the influence of an acoustic wave. In particular, for an anisotropic material the refractive index of two different polarizations can differ. Materials whose birefringence depend on local compression have the property that, upon this acousto-optic effect, the indices of the so-called ordinary and extraordinary wave will be different

$$n_0 - n_e = \Delta n \qquad (7)$$

where the subscript *o* and *e* refer to the linearly polarized ordinary and extraordinary wave, respectively. In order to realize efficient interaction between the optical wave and the acoustical wave the difference of the optical wavenumbers.

$$k_o = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_o \qquad k_e = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_e \qquad (8)$$

should match the acoustical wavenumber

$$K = \frac{2\pi}{\Lambda} \qquad (9)$$

where Λ is the acoustic wavelength. This results into the equality

$$\lambda_0 = \Lambda . \Delta n \quad (10)$$

At periodic spaced intervals along the medium, called the beat length, two waves interfere constructively or destructively. In a material whose photo-elastic properties are of the proper kind (e.g. $PbMoO_4$), the beat length is such that it can be matched by the acoustic wavelength, i.e. Equation (10) is satisfied in that material for wavelengths of interest.

The split up of the incoming wave into two orthogonal waves is accomplished by a polarization splitter, while for the combination of the two waves a second polarization splitter is used. Tuning facility is provided via the frequency of the RF acoustical wave. Since various RF waves can be applied at the same time, different wavelengths can be selected simultaneously.

Figure 12 shows the integrated acousto-optic tunable filter (AOTF).

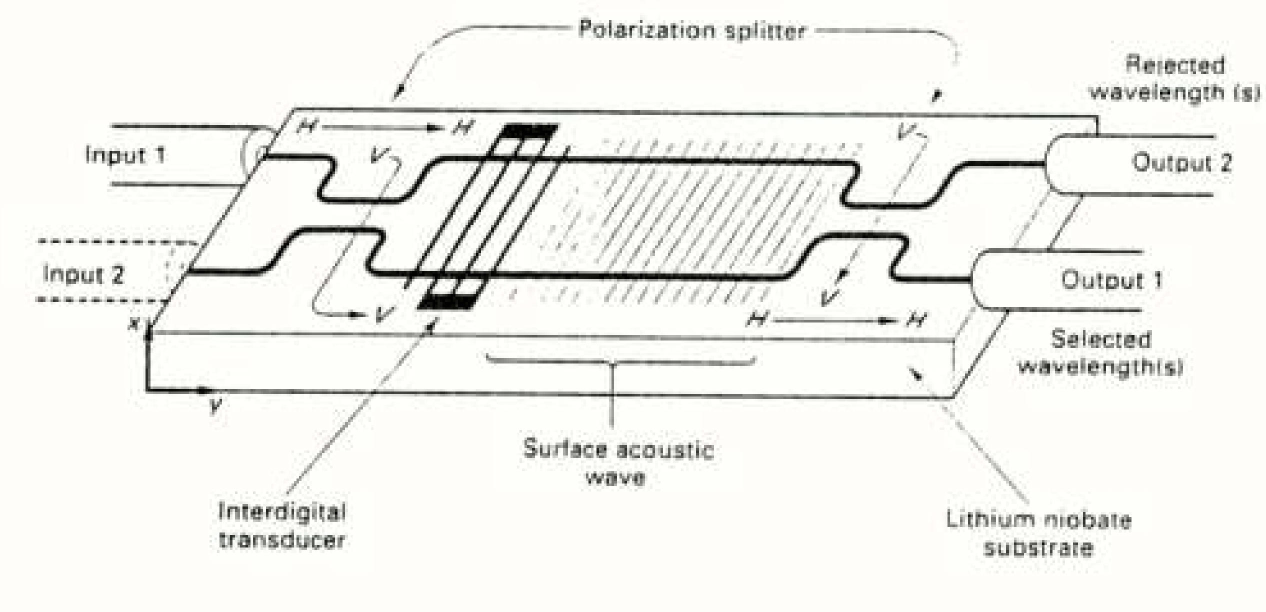


Figure 12. Surface wave acousto-optic tunable filter

The transfer function is given by [6]

$$H(\lambda) = \frac{\sin^2 \left(\frac{\pi . \Delta n . L}{\lambda_0} \right)}{\left(\frac{\pi . \Delta n . L}{\lambda_0} \right)^2} \quad (11)$$

where L is the interaction length of the optical and the acoustical wave.

3. Broadcast and select networks

In these systems the signal with a certain wavelength transmitted by a transmitter spreads out over the entire network. As an example in figure 13 an N-fold star network is depicted (in the picture N =3). When a transmitted signal arrives at the star branching point, consisting of an optical splitter, it is divided in N equal power signals that reach the N receivers. Those receivers are provided with optical filters and for the time being we suppose that the filters select a fixed wavelength and reject others. Moreover, we suppose that the wavelengths in the transmitters are tunable. When transmitter 1 has to send a message to node 2, transmitter 1 tunes its wavelength to λ_2, being the wavelength the filter in receiver 2 is tuned to. But, when for instance transmitter 3 sends a message to node 2 at the same time, a collision will occur. These collisions can be prevented by implementing a proper protocol on the network.

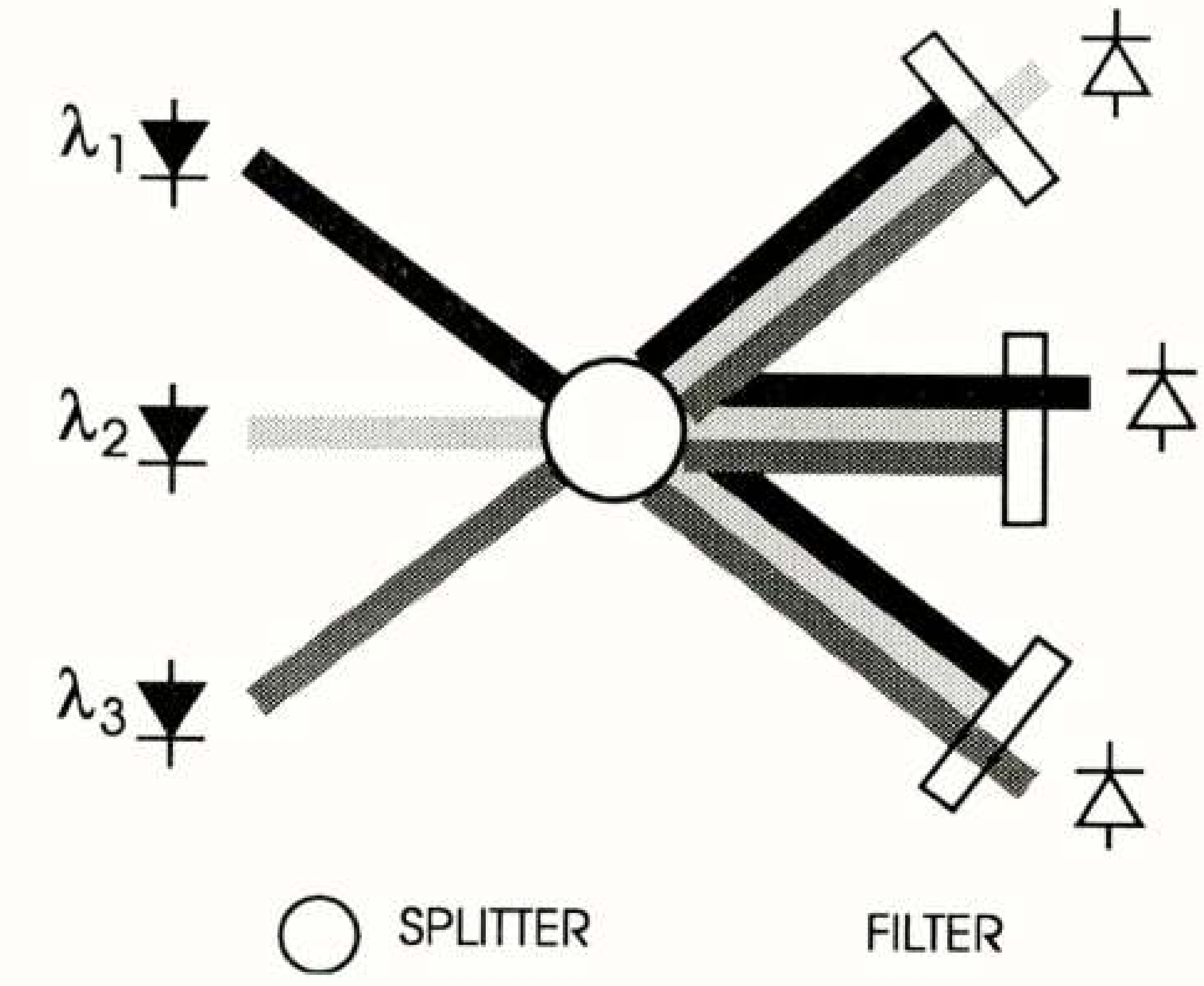


Figure 13. Broadcast and select network

Instead of tuning the transmitters and fix the wavelength the receivers are tuned to, one can imagine to tune the receiving filters and fix the transmitter wavelengths. This will result in the same performance of the network. Tuning both transmitters and receivers will give a better performance than tuning transmitters or receivers alone [8].

The broadcast and select method has two great disadvantages. Firstly, the splitter introduces splitting loss, which amounts to 10 log N , and which can be substantial in large networks where a signal may pass various splitters before reaching its destination. The loss problem can be solved by introducing optical amplifiers in the network (see [6] or [8]). However, the number of amplifiers to be inserted is limited due to the cumulation of noise. Secondly, the signal from each transmitter spreads out over the entire network and reaches parts of the network where it is of no use. This means a waste of wavelengths and prevents the reuse of wavelengths in distinct parts of the network.

4. Wavelength routing networks

Instead of applying the outputs of the demultiplexer in figure 2 to detectors they can also be connected to other fibers and these fibers can carry the optical signal in question to other distant nodes. In this way the wavelength transmitted can be used to address a certain destination or to prescribe a certain route. When, moreover, the lasers and optical filters in the demultiplexer are provided with tuning facilities the system will become very flexible and

rearrangable. Together with optical switches this offers the possibility for routing in more complex network architectures. It is obvious that tuning is also a way of switching; so tunable demultiplexers can serve as switches.

The disadvantages mentioned at the end of the previous section are discarded in wavelength routing networks. Those networks make extensively use of the selective branching and switching of the optical signals. The key components for those kind of networks are:

- couplers;
- (de)multiplexers;
- tunable lasers;
- tunable receivers;
- wavelength convertors;
- optical switches;
- optical amplifiers.

A first application of addressing by means of the wavelength is presented in figure 14.

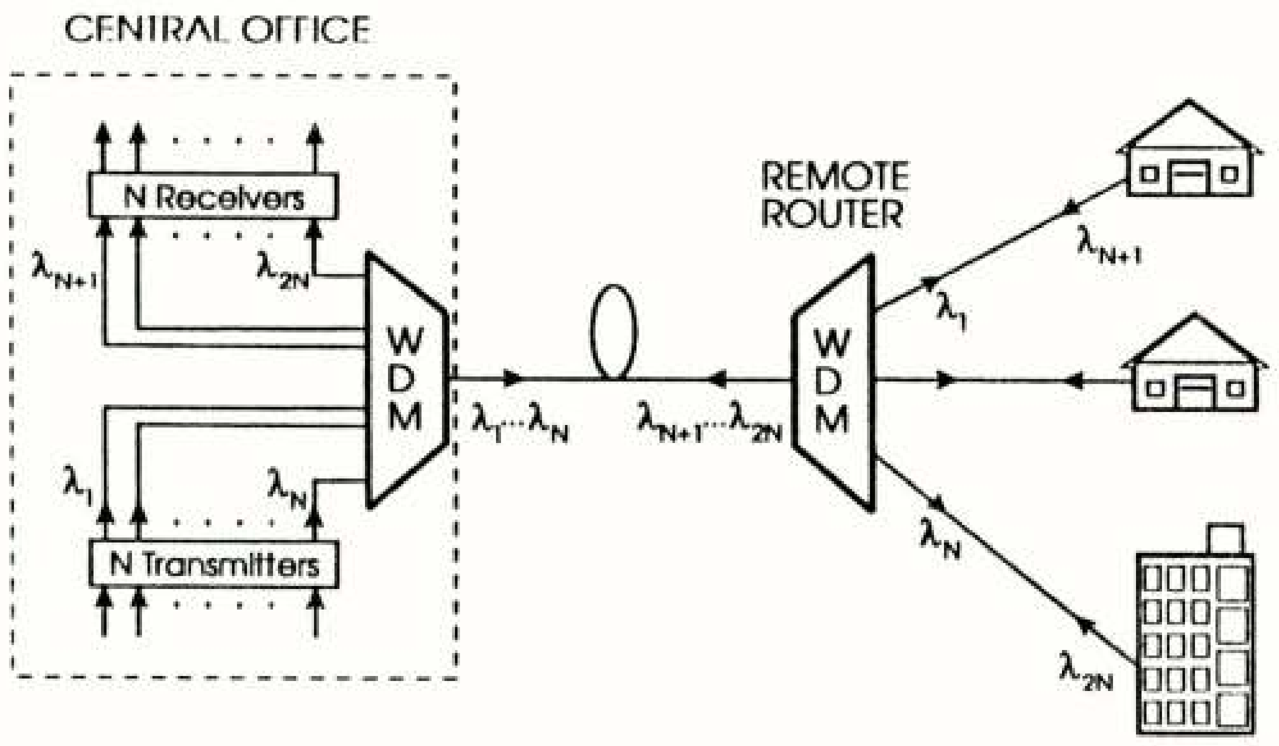


Figure 14. Fiber to the home local network with remote wavelength router

It is an example of so-called fiber to the home (FTTH), i.e. a local subscriber network with uninterrupted optical paths between the central office (CO) and the subscribers. Each of the N subscribers has been allocated a fixed wavelength and the addressing from CO to subscriber is achieved by imposing the information on the proper wavelength. At the CO the optical multiplexer has a free spectral range comprising $2N$ wavelengths; λ_1 to λ_N as inputs for downstream information flow and λ_{N+1} to λ_{2N} for information from subscriber to CO. A single fiber carrying $2N$ wavelength, N for downstream traffic and N for upstream traffic, leaves the CO and brings the signals to the residential area of the subscribers. In this area an optical branching point with an optical multiplexer is placed. This multiplexer has a free spectral range comprising N wavelengths; one fiber is connecting each multiplexer input/output with a subscriber. Every subscriber fiber carries two wavelengths, one for upstream and one for downstream. Most multiplexers show a periodic behaviour and in this case clever use is made of this property. The periodic multiplexer has been designed such that when λ_1 corresponds to a certain output, then λ_{N+1} corresponds to the same output, etc. (see figure 15). In this way the same multiplexer output can serve for downstream traffic on λ_1, as well as for upstream traffic on λ_{N+1} for the same subscriber.

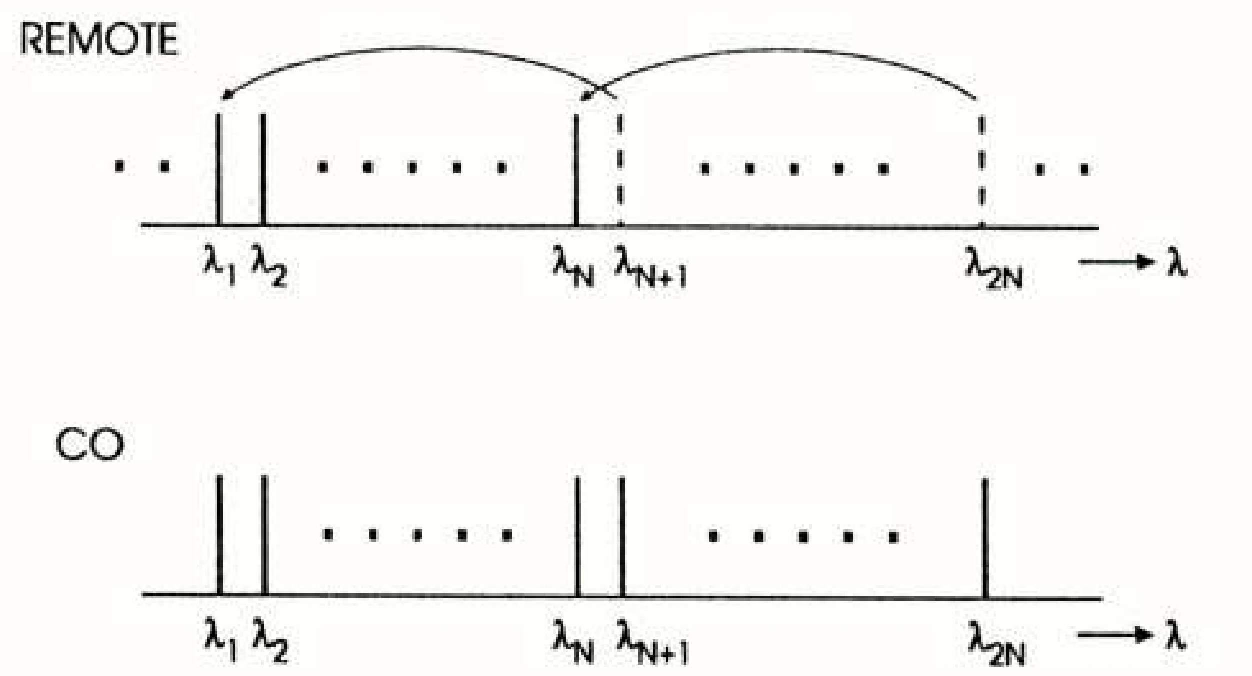


Figure 15 Wavelength scheme of the demultiplexers in the FTTH system

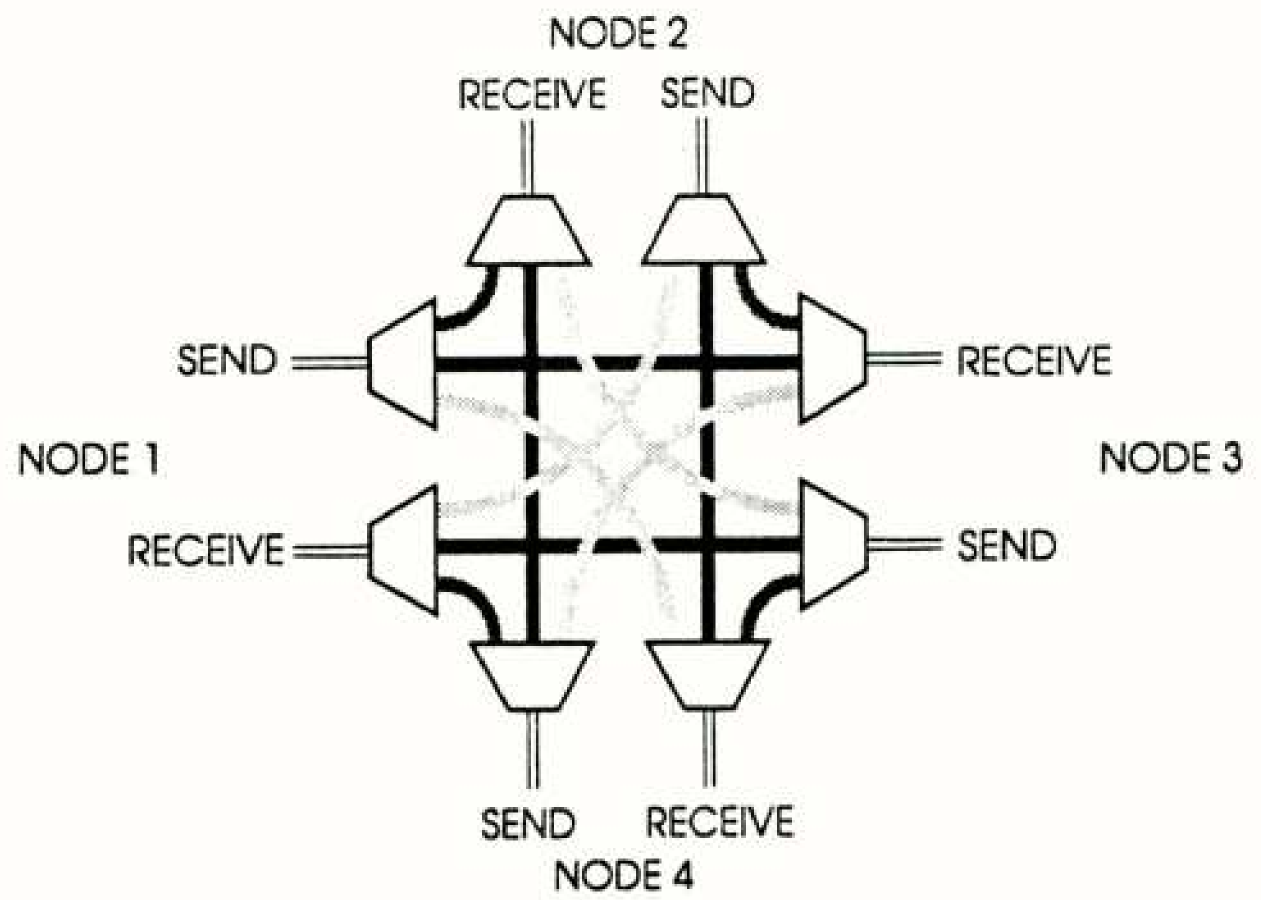


Figure16. Wavelength selective branching node

Figure 16 shows a passive wavelength selective branching node. When node 1 has to send a message to node 2, it chooses wavelength 1. In the routing node this wavelength is only routed to the receiving fiber of node 2. Addressing node 3, node 1 chooses wavelength 2 and addressing node 4 it chooses wavelength 3. From the figure it is seen that the given wavelength routing node enables 12 simultaneous connections between the nodes involved, using only 3 wavelengths. Reuse of wavelengths is possible and extensively used in this scheme. No waste of power occurs and the different wavelengths are only present in those parts of the network where they are indispensable. The given routing node requires 8 (de)multiplexers.

The routing node can be provided with flexibility when switches are inserted in between the multiplexers. This is shown in figure 17. The input signal is split up in its N constituting wavelengths. There is a second input, named "added signal", which may carry the same set of wavelengths, and which is split up likewise. Corresponding wavelengths are applied to optical cross/bar switches. In this way the wavelengths of the inputs can cross/bar be connected to the outputs. The given configuration is in fact

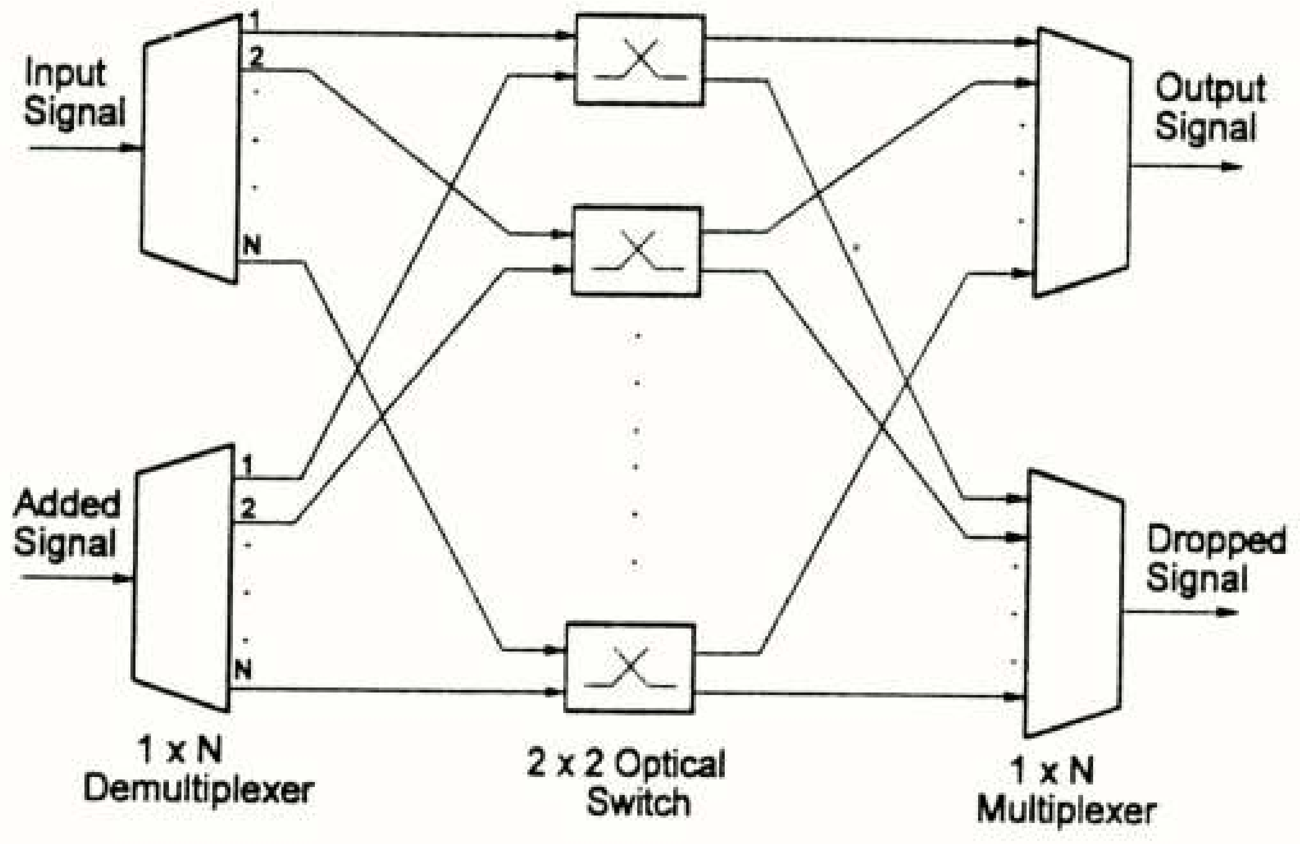


Figure 17. Wavelength routing node provided with optical switches to form an add/drop node

an add/drop multiplexer. If a certain switch is in the bar state, the corresponding wavelength in the "input signal" is connected to the "output signal", which will have a destination for a distant node in the network. If the switch is in the cross state the wavelength from the "input signal" is dropped to the "dropped signal" output and available for local use. Then the corresponding wavelength from the "added signal" input can be coupled to the "output signal" and inserted in the mainstream for distant destination in the network.

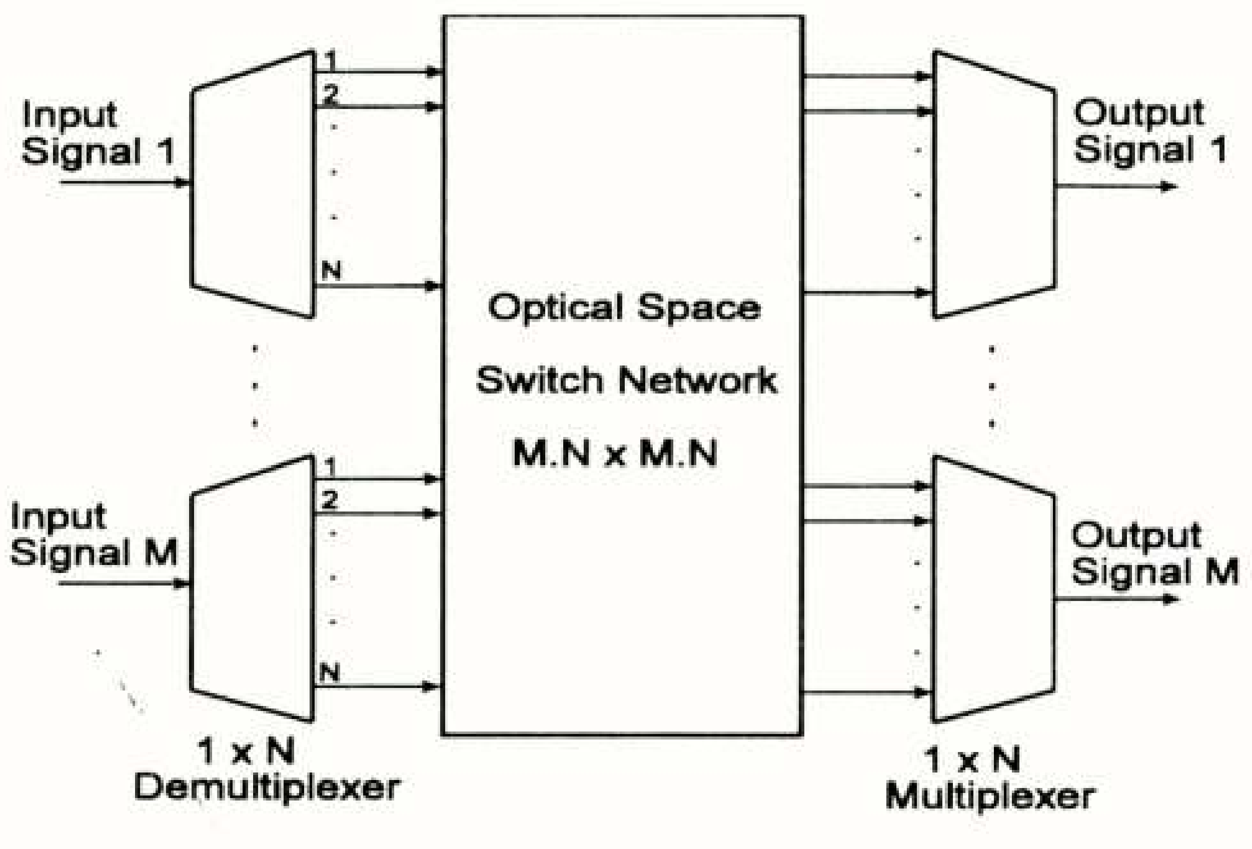


Figure 18. WDM node with multiple inputs and outputs and space switching network

The scheme of figure 18 can be generalized to contain more than two input demultiplexers and more than two output multiplexers. In between an optical space division switching network can be placed. Even more flexibility is introduced when in the node the signals not only are switched, but their wavelength can be changed as well. This is shown in figure 19, where wavelength convertors are inserted between switch and output multiplexers.

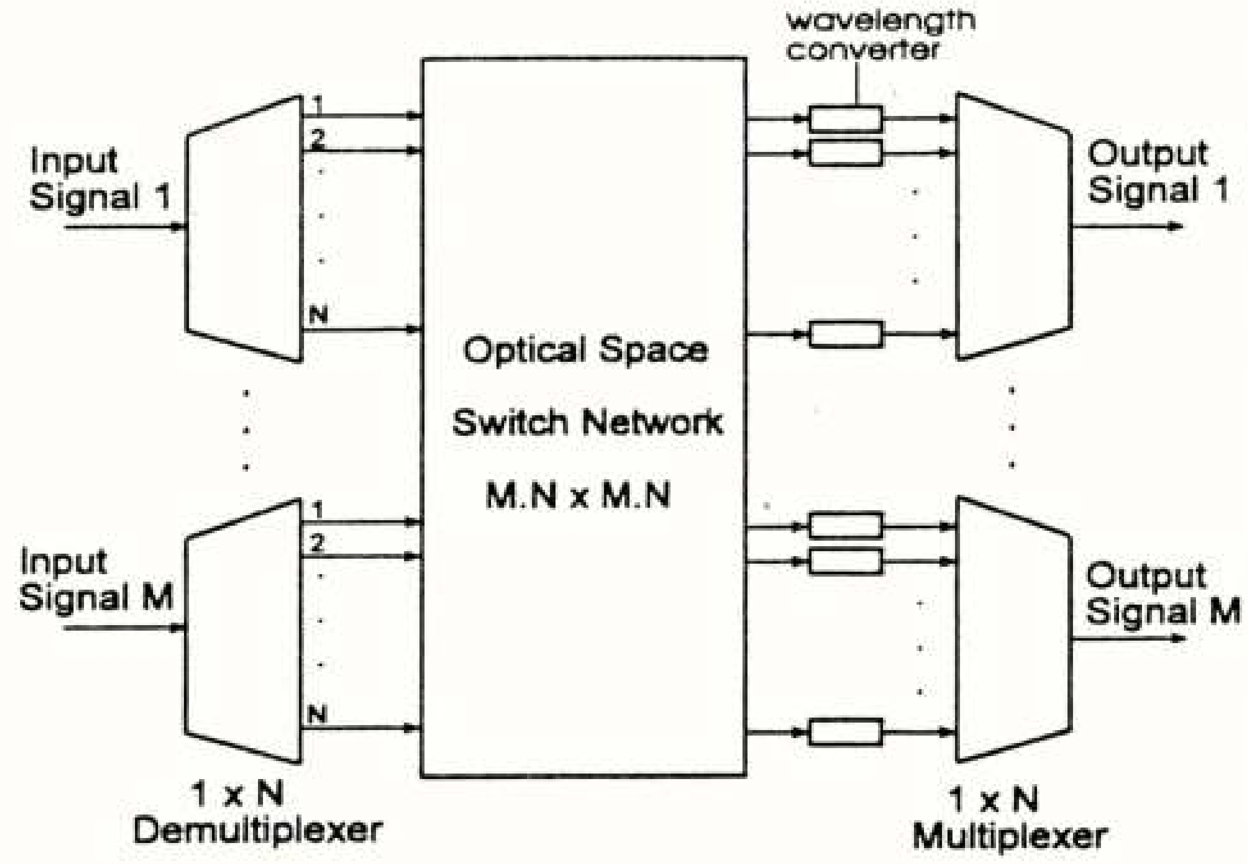


Figure 19. WDM node with switch and wavelength converters

WDM networks with wavelength routing nodes not only make efficient use of the optical power, but enable reuse of wavelengths as well. This is illustrated by means of figure 20.

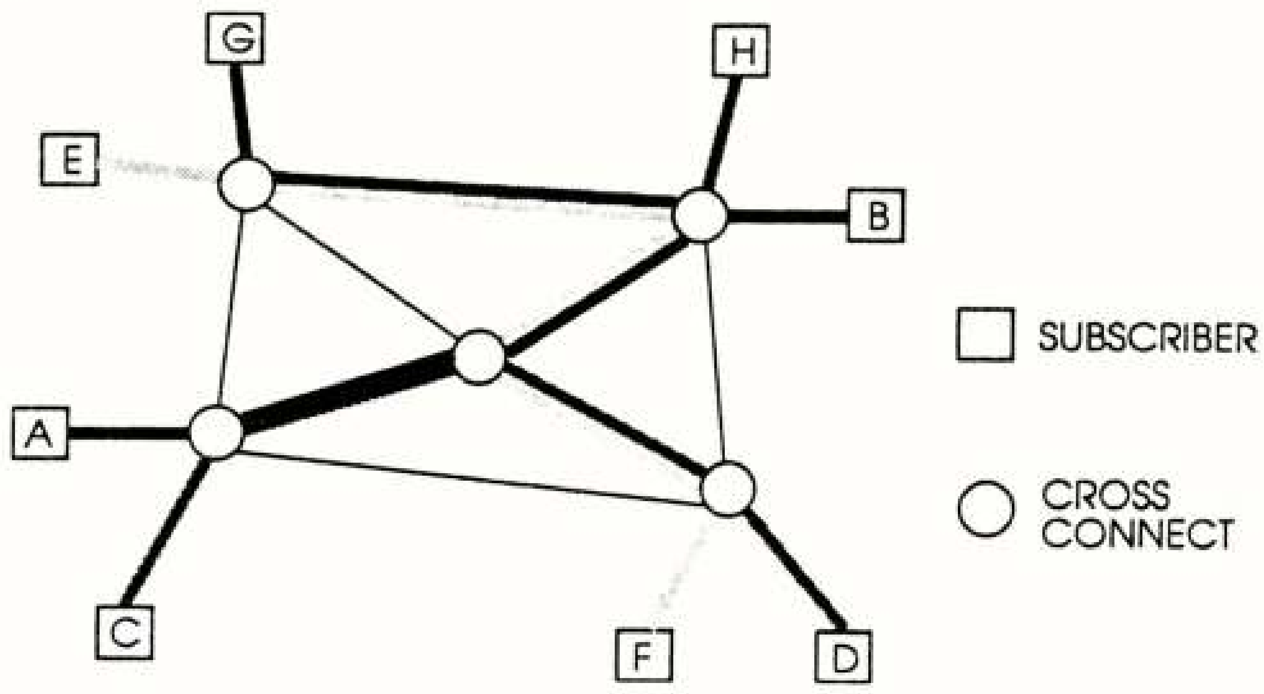


Figure 20. WDM network with reuse of wavelength in different parts of the network

In this network a connection is given from subscriber A to subscriber B using λ_1. At the same time C is connected to D on wavelength λ_2 and E with F on λ_3 . Thanks to the selectivity of the nodes a connection is also possible from G to H on the same wavelength λ_2, which is already in use for C to D in a different part of the network. In large networks with repeated and or layered structures, wavelength schemes can be repeated. Only at the interfaces careful management of wavelength is required.

5 Conclusions

The transmission capacity of optical fiber is virtually unlimited. Efficient utilization of this capacity is achieved by wavelength division multiplexing. Several multiplex devices are available, many of them in integrated optic

versions.

The simplest form of a WDM network is the so called broadcast and select network. Those networks waste power and wavelengths, but have a very simple architecture. Wavelength routing networks are more efficient with respect to power and number of wavelengths; moreover, they show flexibility and are rearrangable, but require more components and more complicated components to realize the nodes.

References

[1] W. van Etten and J. van der Plaats,
Fundamentals of optical fiber communications,
New York: Prentice Hall, 1991.

[2] A. Yariv,
Optical electronics, fourth edition,
Philadelphia: Saunders, 1991.

[3] E. Hecht and A. Zajac,
Optics,
Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1974.

[4] M. Born and E. Wolf,
Principles of optics, fifth edition,
Oxford: Pergamon, 1975.

[5] M. Smit
Integrated optics in silicon-based aluminium oxide,
Ph.D.-thesis, Delft University of Technology,
June 1991.

[6] P. Green, Jr.,
Fiber optic networks,
Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.

[7] N. Takato, K. Jinguji, M. Yasu, H. Toba and M. Kawachi,
"Silica-based single-mode waveguides on silicon and their application to guided wave optical interferometers",
IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology,
Vol. 6, no.6, June 1988, pp.1003-1010.

[8] D. Mestdagh,
Fundamentals of multiaccess optical fiber networks,
Norwood: Artech House, 1995.

Voordracht gehouden tijdens de 443e werkvergadering

USE OF PLANAR NEAR-FIELD MEASUREMENT FACILITIES AT TU DELFT FOR ANTENNA DIAGNOSTICS



M. Hajian, L. P. Ligthart



Summary

The inspection of large phased array antennas, often consisting of many elements, leads to the practical problem of locating defective elements. In this paper an experimental and theoretical overview is given in which measurement planar near-field data is used to reconstruct the aperture field and to locate the defective elements in a phased array antenna. In general, the far-field radiation pattern of an antenna is obtained by the two-dimensional Fast Fourier Transform (FFT) of the near-field data. The obtained far-field data can also be numerically processed to reconstruct the aperture field elements in large phased array antennas.

---

1 Introduction

The increasingly demanding performance required of today's antennas necessitates highly accurate measurement techniques. Traditional out-door far-field measurement techniques are less practical because of their susceptibility to the effects of weather, multipath, antenna gravitational distortions and security issues.

The near-field of an antenna cannot only be transformed to determine the far-field antenna pattern, but it can also be used to reconstruct the aperture field via a backward Fourier Transform. In the past, the diagnostics tests were performed by locating the near-field probe very close to the antenna array and inspecting each element individually. However, multiple reflections and unwanted mutual coupling between the probe and the antenna elements, and the radiation of the elements close to the element under test leads to diagnostics errors. In this paper, a general description of the near-field measurement facilities in IRCTR (International Research Centre for Telecommunications transmission and Radar) of Delft University of Technology are given. It will be described how these facilities are used for diagnostic purposes. An X-band Standard Gain Horn was used to demonstrate the feasibility of the method. Several computer simulations were performed to reconstruct the aperture distribution of an N x N antenna array in which known defective elements were introduced.

2 Analysis

Figure 1 shows the geometry for near-field measurements.

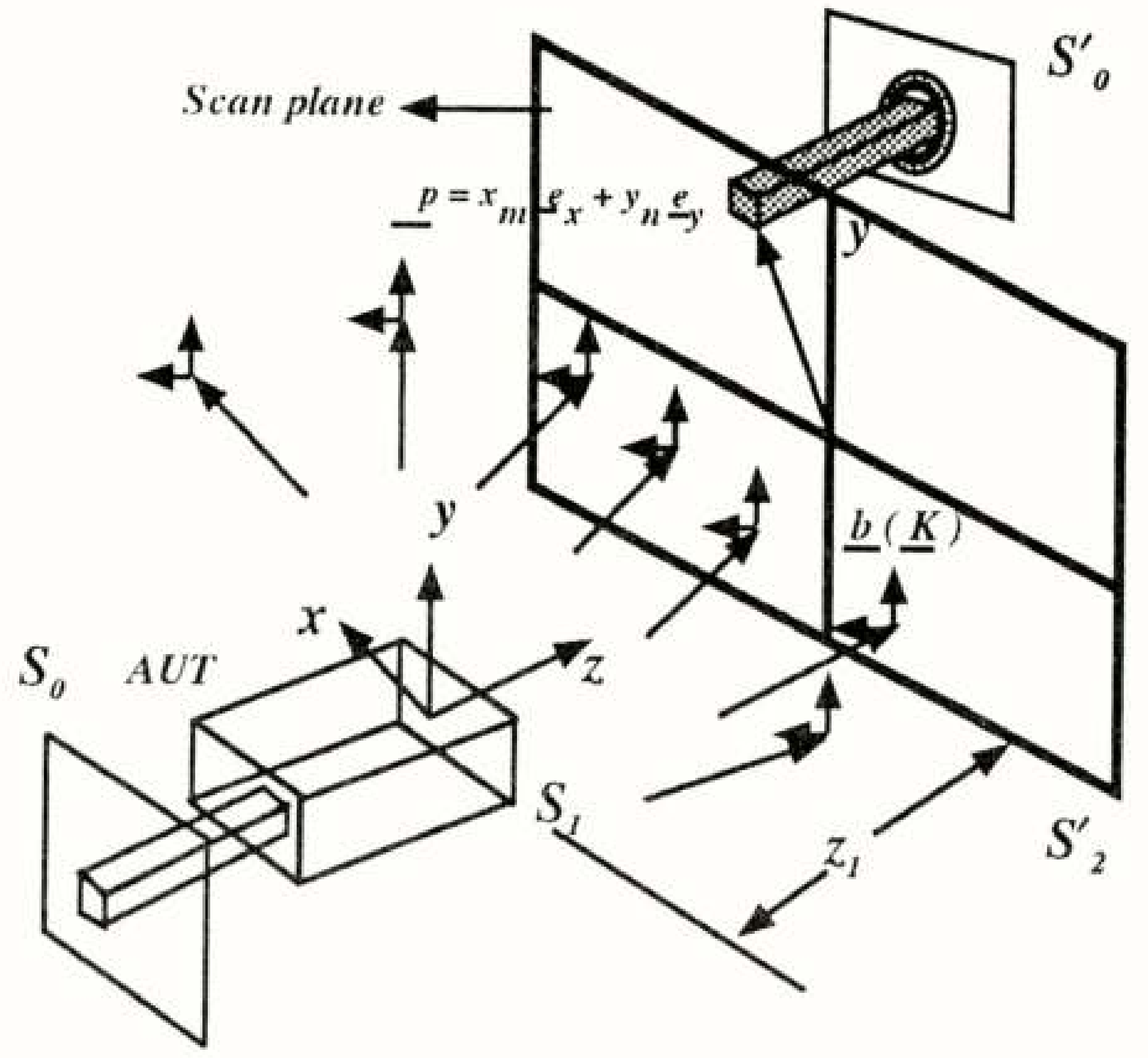


Figure 1. Geometry for near-field measurements

The basic procedure in the reconstruction of the aperture field located in the $z = 0$ plane is to transform the near-field data to the far-field and to transform back the far-field data to the aperture. If the probe correction is ignored and the cross-polarization field is assumed to be small, the reconstructed array excitation is given by the following double series[1]

$$A(x_m, y_n)\exp(j\psi_{mn}) = \sum_{-k_1}^{k_1} \sum_{-k_2}^{k_2}$$

$$\left\{ \frac{k\cos\theta\exp(-jk_z z_1)}{4\pi^2 E} \sum_{-x_M}^{x_M} \sum_{-y_N}^{y_N} \left[b_0(x,y,z_1)\exp\left[-j(k_x x + k_y y)\right]\Delta x \Delta y \right] \right\} \exp\left[j(k_x x_m + k_y y_n) \right] \Delta k_x \Delta k_y \qquad (1)$$

Here $A(x_m, y_n)\ exp(j\Psi_{mn})$ are the amplitude and phase of the array element ***(m,n)***. As shown in Figure 1, x_m, y_n represents the probe position in the *x-y* plane on the planar scanner, and the constant z_1 is the distance between AUT and the near-field plane. $b_0(x,y,z_1)$ is the measured near-field distribution, $E(k_x, k_y)$ is the active element pattern in the array environment and $exp(-jk_z z_1)$ is the phase factor referring to the near-field measurement plane for a particular component specified by k_z..
k_x, k_y and k_z are the components of the propagation vector K, i.e.,

$$K = k_x\hat{x} + k_y\hat{y} + k_z\hat{z}$$
$$K \bullet K = k^2$$
$$k_x^2 + k_y^2 + k_x^2 = \omega^2\varepsilon\mu \qquad (2)$$

where

$$k_z = \begin{cases} \sqrt{k^2 - k_x^2 - k_y^2} & \text{if } k_x^2 + k_y^2 \le k^2 \\ -j\sqrt{k_x^2 + k_y^2 - k^2} & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (3)$$

It should be remarked that for field components with $k_x^2 + k_y^2 > k^2$, k_z becomes imaginary and the waves are highly attenuated. These components are referred to as evanescent waves, and the total energy contained in these spectral components is usually very small. This has the peculiarly interesting effect of separating the active part (Visible) of the field, carrying energy away from the aperture, from the reactive part (Invisible), consisting of evanescent waves decaying exponentially with the distance from the aperture plane. Figure 2 shows the spectral components in visible and invisible space. The major problem in the backward transformation technique is recovering the reactive components which are highly attenuated after a few wavelength from the antenna. Great care has to be taken in choosing the extent of the invisible space used. The expotential factor may cause numerical problems.

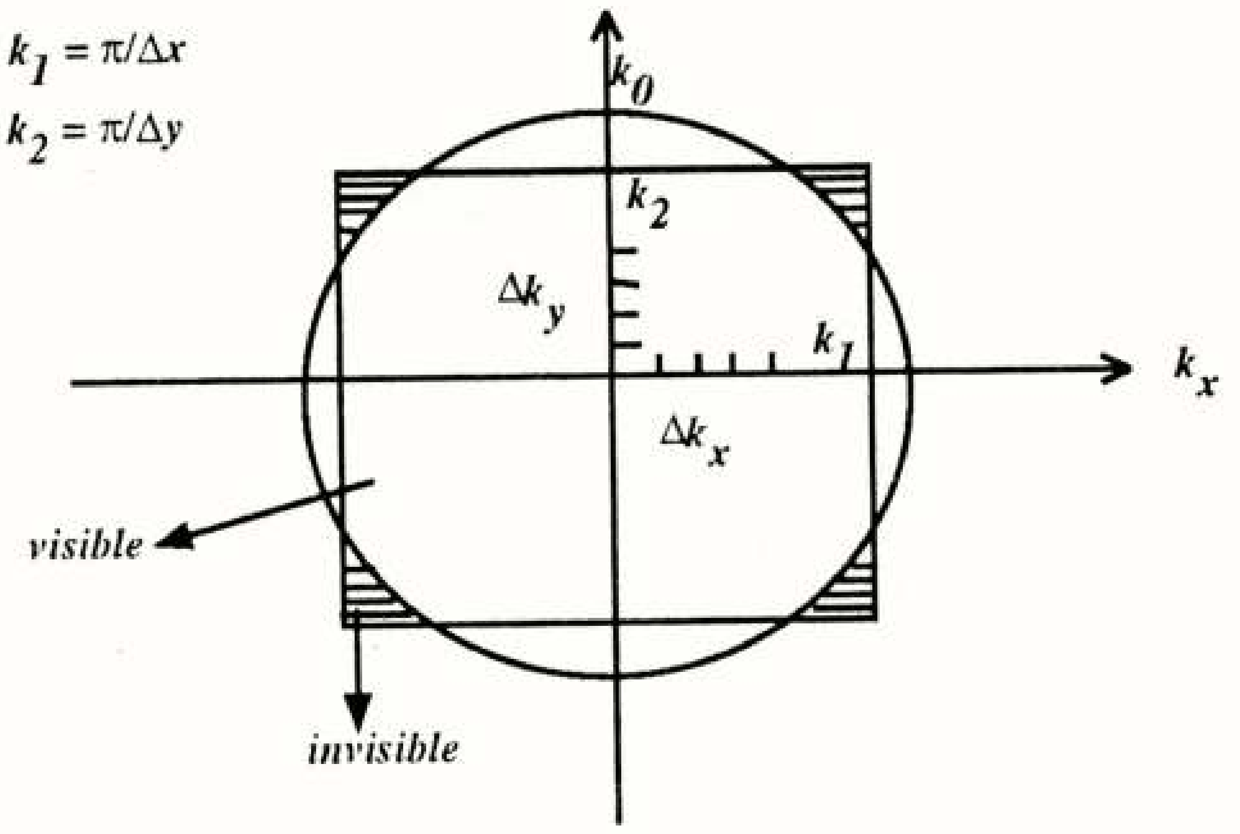


Figure 2. The spectral components in visible and invisible space

3. Measurement set-up

Within IRCTR there is an anechoic chamber facility of moderate size (3m x 3m x 6m, see figure 3) which is called DUCAT (Delft University Chamber for Antenna Tests). Our self-made design was built by our faculty workshop in 1979, and was initially used for far-field off-line measurements of antennas that are small relative to the wavelength. Since 1992, the laboratory has been developing near-field antenna measurements for antennas that are large relative to the wavelength in DUCAT.

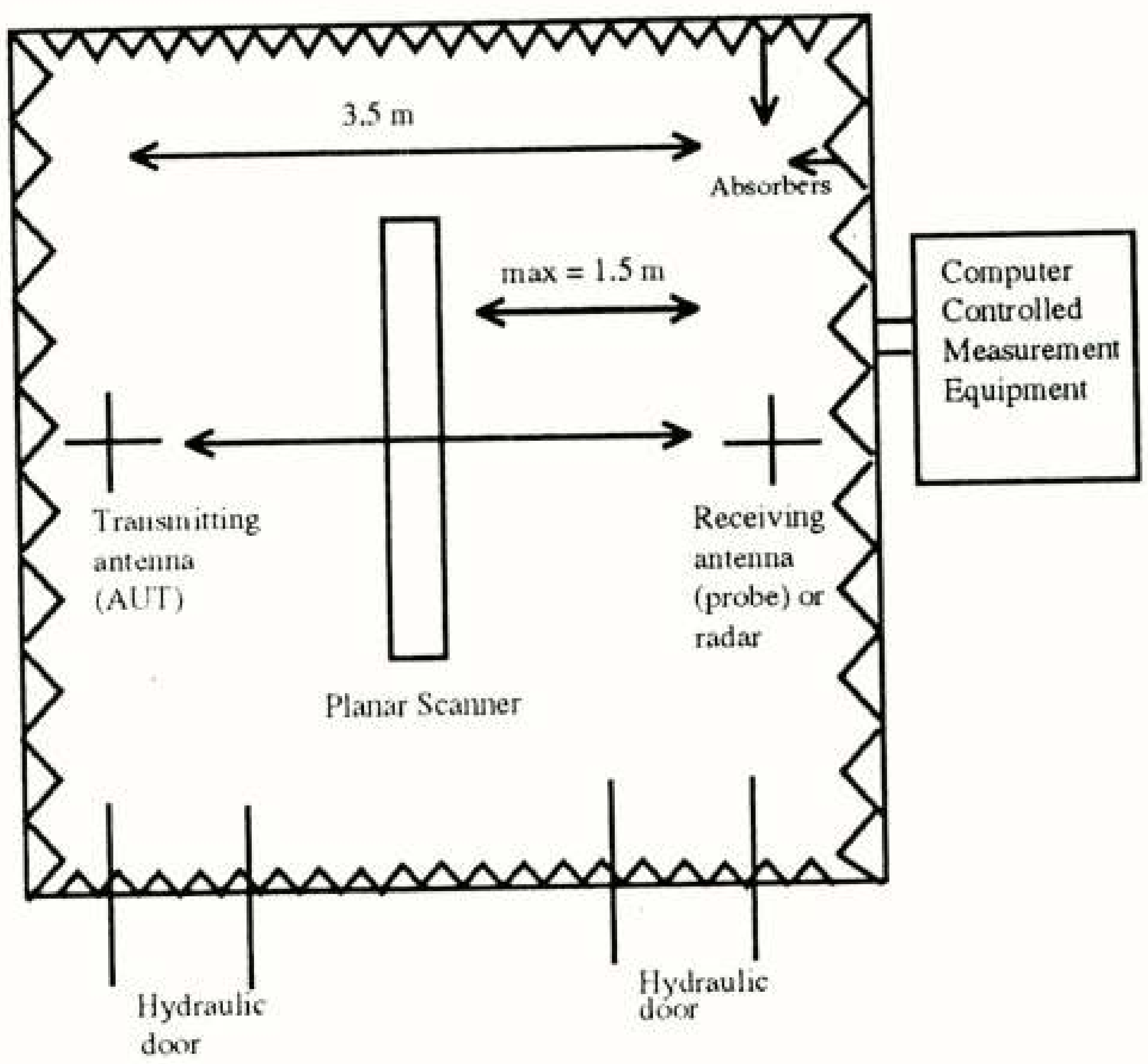


Figure 3. Top view of the anechoic chamber DUCAT

Before the absorbers were placed, the entire chamber was covered with copper plates of 0.4 mm thickness thus forming a Faraday cage. There are three 30cm-deep pits in the floor which are connected by ducts. In the pits, the far-field positioners and a near-field planar scanner are placed in such a way that their main bodies are below the surface. The distance between the two positioners is around 3.5 m and the distance between one of these and the near-field planar scanner is maximally 1.5 m. To maintain a completely shielded chamber, the doors are of a special design. They are not supported on hings, but they are pulled in by pneumatic cylinders. The shielding of the chamber is for frequencies above 2 GHz up to 18 GHz and it is at least 120 dB all around. All walls are covered with pyramidically shaped absorbers. It is found that the walls have a reflection coefficient of less than -36 dB. The characteristics of DUCAT are given in table 1.

Shielding (2 - 18 GHz)	120 dB
Absorbers 3m x 3 m walls	AFP 18
other side walls	AFP 6
Reflection	< -36 dB
Positioner distance	3,5 m
Axes resolution positioners	
azimuth axis	0,006°/ step
x-axis	10 μm/ step
y-axis	10 μm/ step
Near-field scanner	
dimension	2m x 2m
step size	10 μm/ step
Instrumentation	
noise floor	- 125 dBm
dynamic range	100 dB
inter-channel isolation	60 dB
S/N ratio reference signal	65 dB

Table 1

All these measures were taken in order to provide sufficient shielding from other radiation coming from high power radars at the laboratory and marine radars in the Rotterdam area (distance up to 15 km).

The DUCAT measurement system [2] consists of the following equipment (see figure 4):

1. HP 9000/320 computer: to control the equipment and to execute automated measurements.

2. HP 8510 B network analyzer: this instrument is essentially a receiver which can determine simultaneously the amplitude and phase of four 20 MHz signals. The four input channels are for the horizontal and vertical polarization antenna characteristics, the reflected signal from the

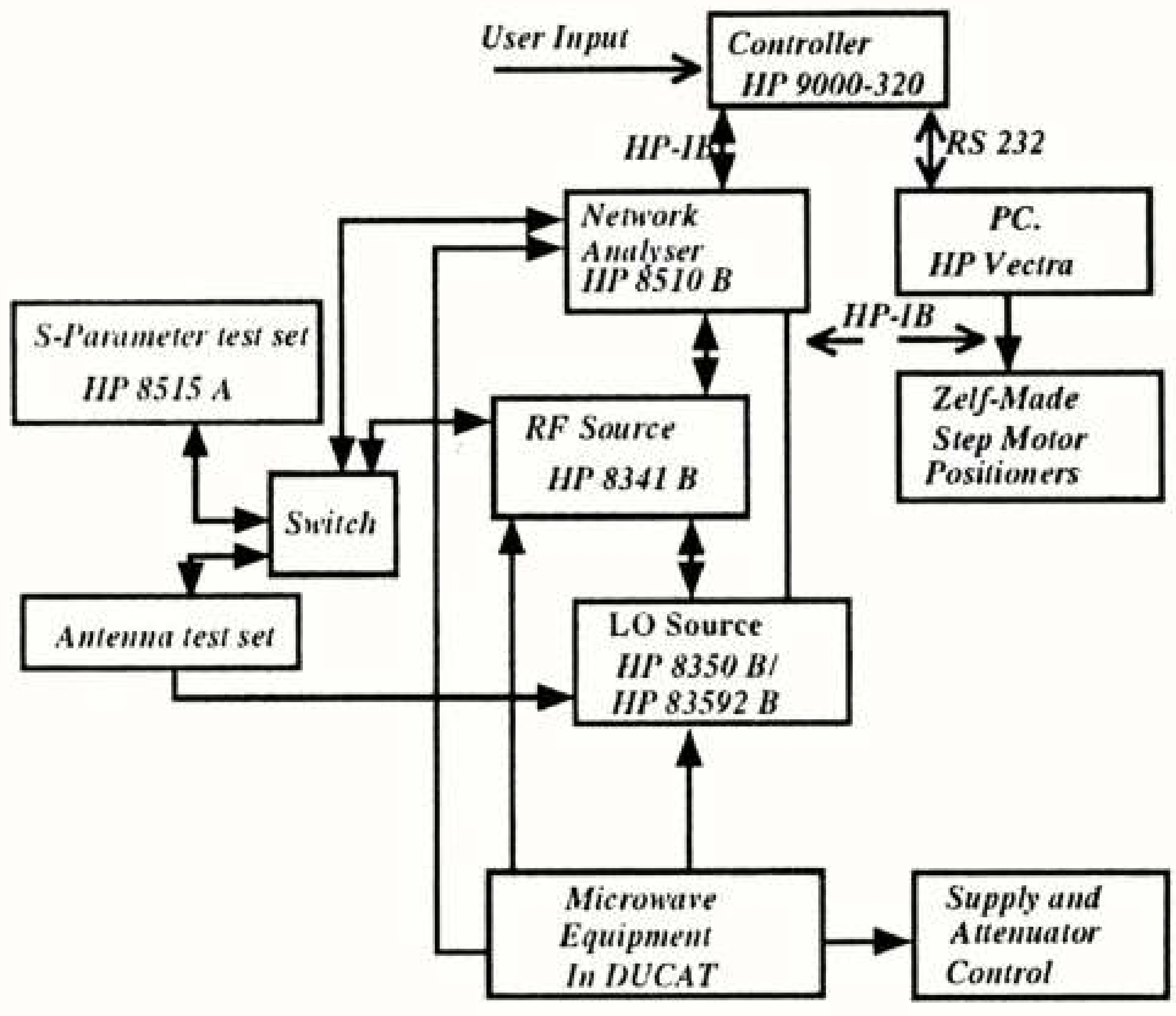


Figure 4. DUCAT maesurement system

transmit antenna and the reference signal. The network analyzer controls the equipment that generates the 20 MHz signals in order to derive the amplitude and phase characteristic of the RF path including the antenna under test. The network analyzer can be operated manually or by an external computer through the HP-IB interface. In our case this external controller is the HP 9000/320 computer.

3. HP 8341 B synthesized sweeper (RF source): This accurate synthesized stepped sweeper provides 10 dBm of power in the frequency band from 10 MHz to 20 GHz. It is controlled by the HP 8510 B network analyzer and is used as of the probing signal for the antenna under test.

4. HP 8350 B/HP 83592 B sweep oscillator (LO source): This sweep oscillator module provides 13 dBm of power in the same 10 MHz-20 GHz frequency band. It is used as the local oscillator signal for the mixers in order to obtain the 20 MHz IF signals characterizing the AUT.

5. HP 8515A S-parameter test set: The S-parameter test set can operate in the 0.045-26.5 GHz frequency band. The maximum operating power level is 20 dBm.

6. HP vectra personal computer: For controlling the antenna positioners.

The DUCAT measurement system can be used for far-field and near-field measurements.

4. Diagnostics tests

a) Numerical results

For computational purposes, a single antenna element with uniform aperture field distribution with dimensions of 2λ x 2λ was chosen. The antenna was assumed to be linearly polarized. The three-

dimensional aperture field distribution is shown in figure 5.

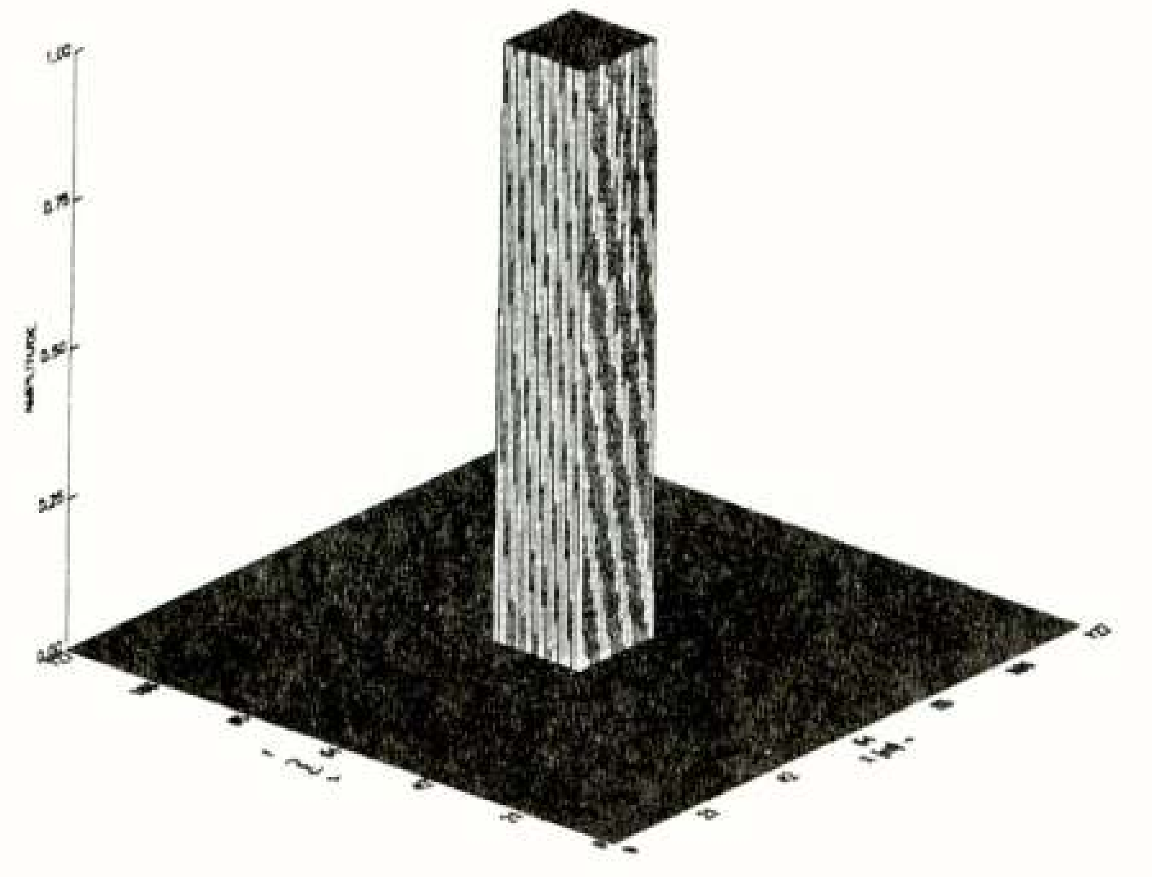


Figure 5. Theoretical 3-D uniform aperture field distribution

The aperture was sampled with a sampling interval of $\lambda/10$ and zero padded to 128 by 128 data points. The far-field was calculated by taking a 128 x 128 DFT (Discrete Fourier Transform) of the near-field data. Figure 6 shows the three-dimensional far-field pattern of the uniform aperture field from the near-field data.

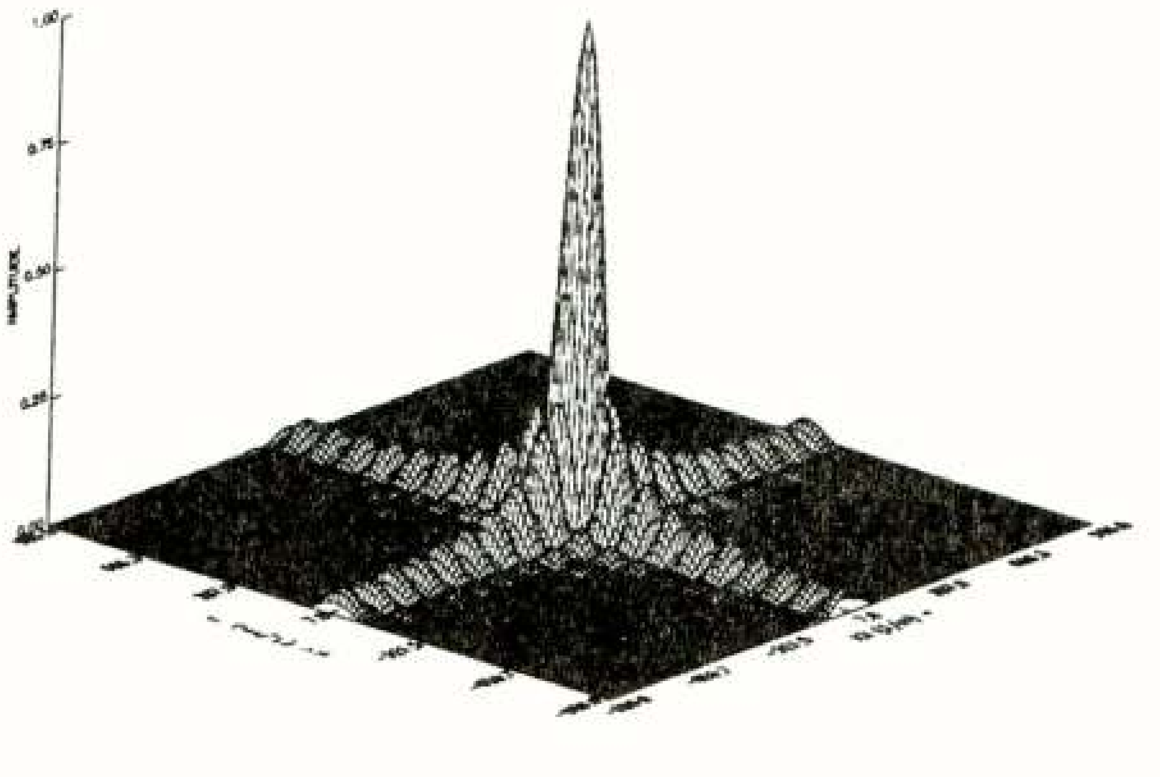


Figure 6. Far-field pattern of the square aperture with uniform field distribution

The reconstructed aperture field is given in figure 7 after phase correction and taking inverse DFT. The reconstructed aperture field is almost the same as the original one thus demonstrating the correctness of the processing software. There is a discrepency between the reconstructed and the original aperture field since only part of the reactive components in the backward transformation were taken into the consideration.

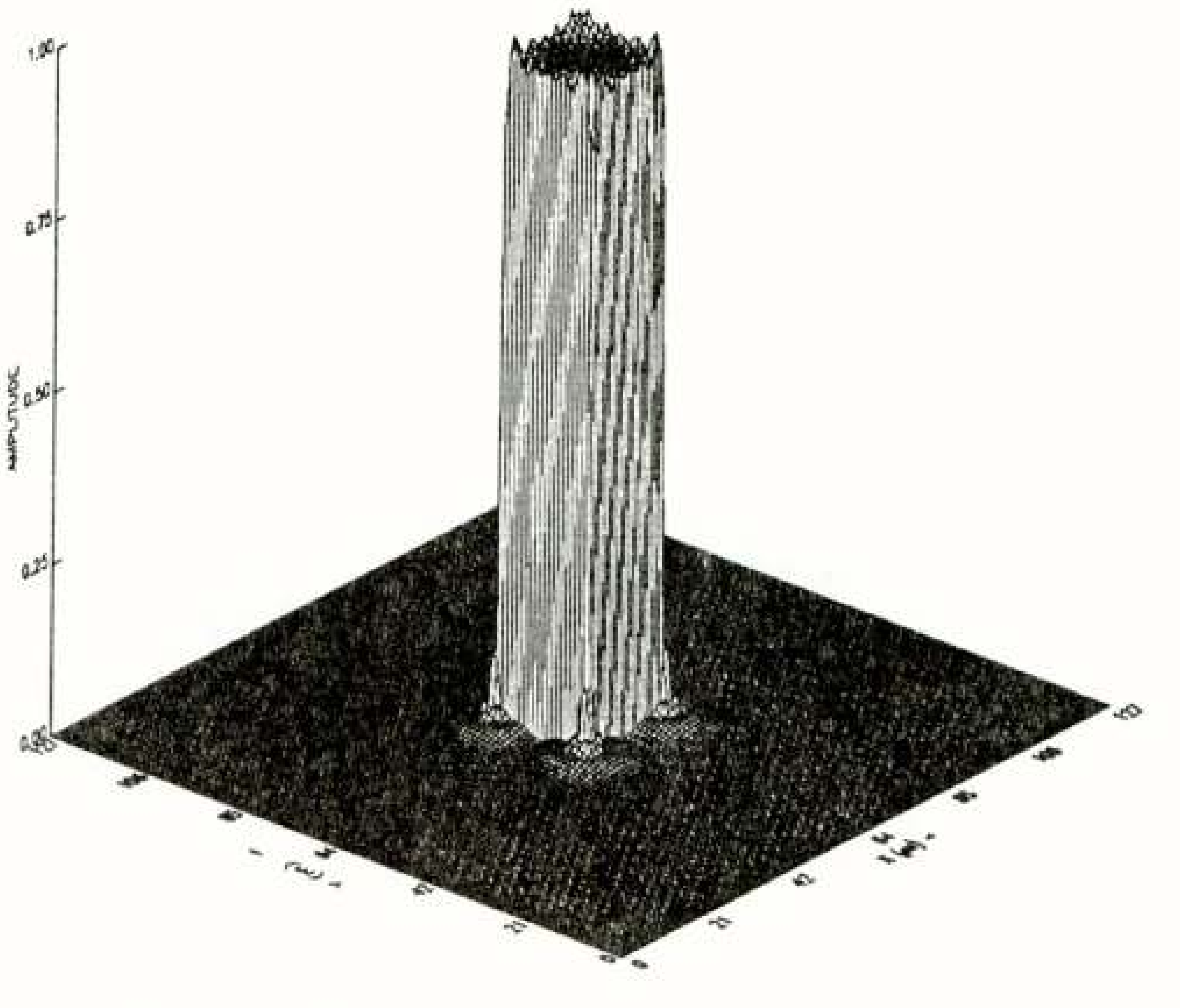


Figure 7. The aperture field after backward transformation

b) Measurement results

The near-field of a linearly polarized X-band standard gain horn was probed at a distance of 5λ. A square area of 50 x 50 points was sampled with a sampling interval of $\Delta x = \Delta y < \lambda/2$ in both the E and H planes. Measurements were taken at 9.75 GHz. Figure 8 shows the measurement set up in DUCAT.

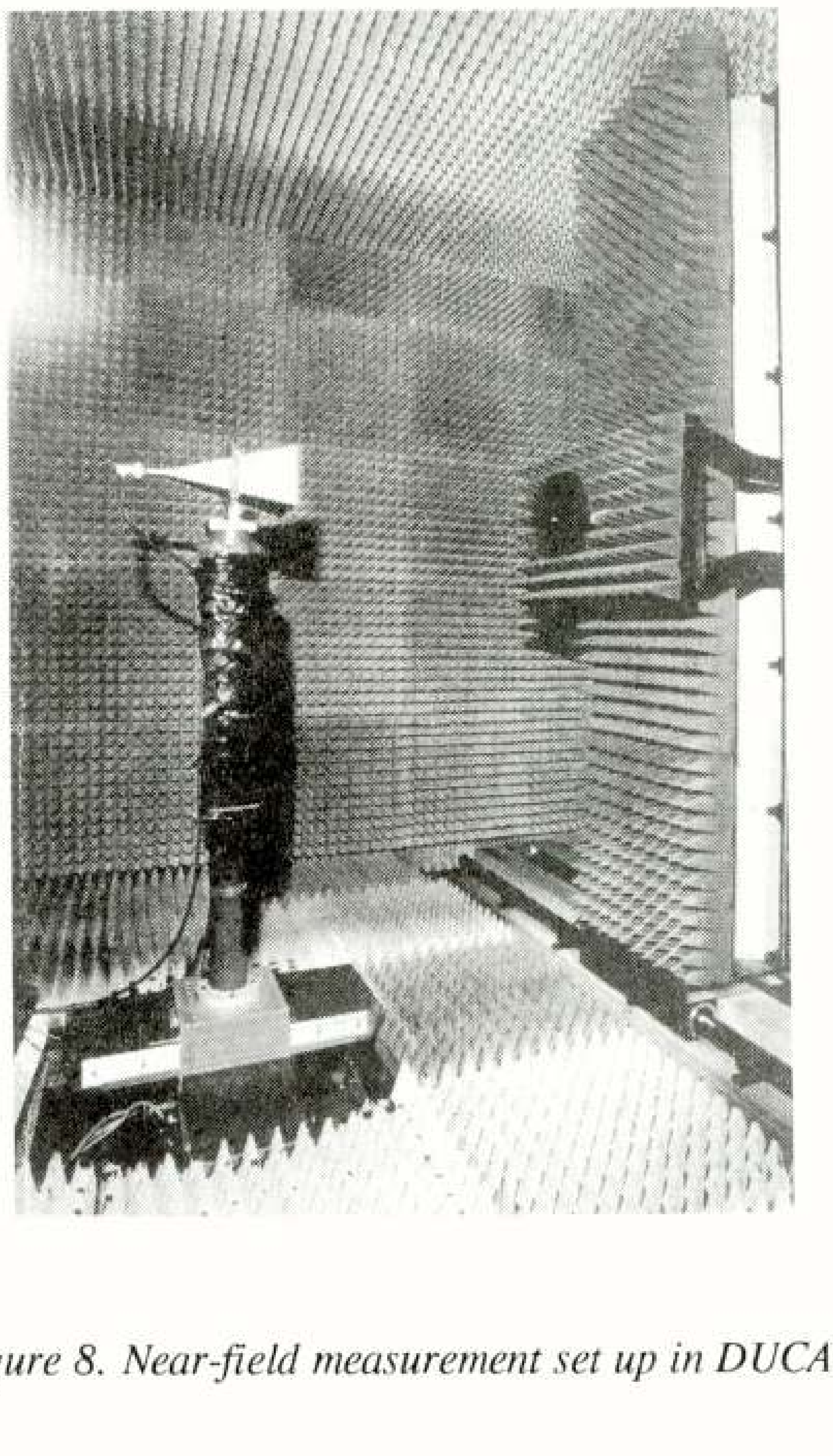


Figure 8. Near-field measurement set up in DUCAT

The data were zero padded up to 128 points in each plane before FFT processing. A three-dimensional plot of the aperture distribution is shown in figure 9.

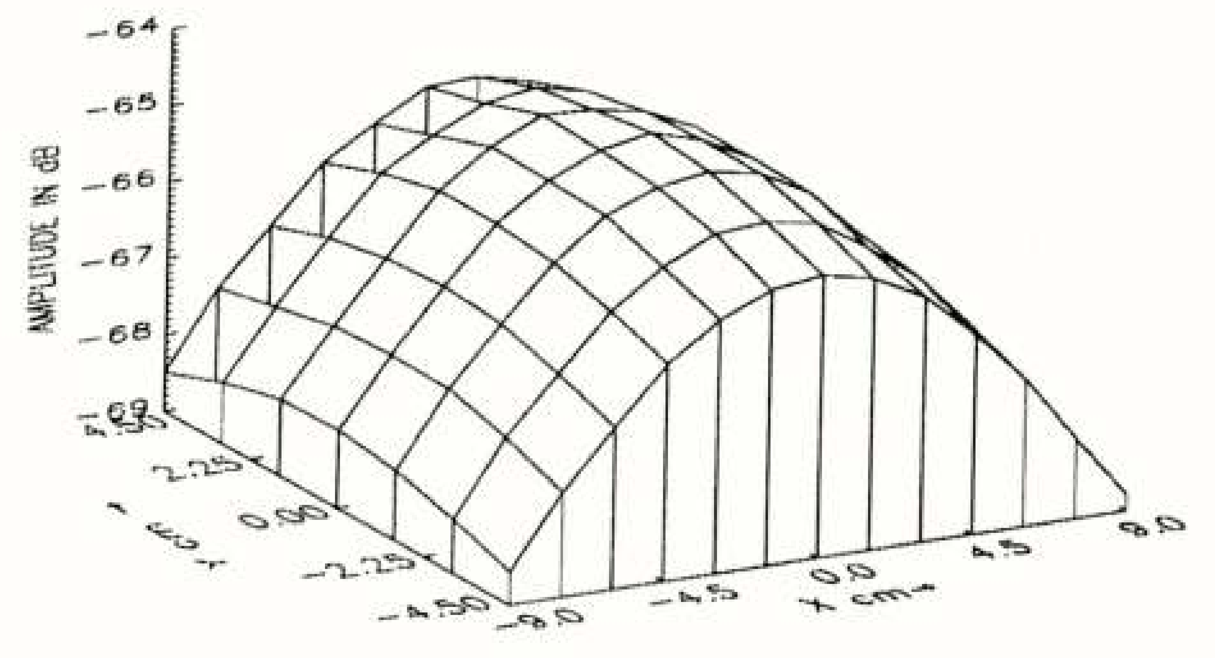


Figure 9. Projected aperture distribution of horn; transformed back to $z = 0$

As shown in the figure, the aperture field has a cosine distribution in the H plane, and a fairly constant amplitude in the E plane. In this example probe correction was not included, since the probe was a miniaturized dielectric waveguide with dimensions smaller than half the free space wavelength and with a very wide -3 dB beamwidth.

5. The array configuration

In the previous section it was shown how the aperture field of a single element can be reconstructed using the forward and inverse Fourier transformation. For computational purposes a 10 x 10 elements planar square array with uniform $\lambda/2$ spacing is considered. Figure 10 shows the rectangular antenna array configuration.

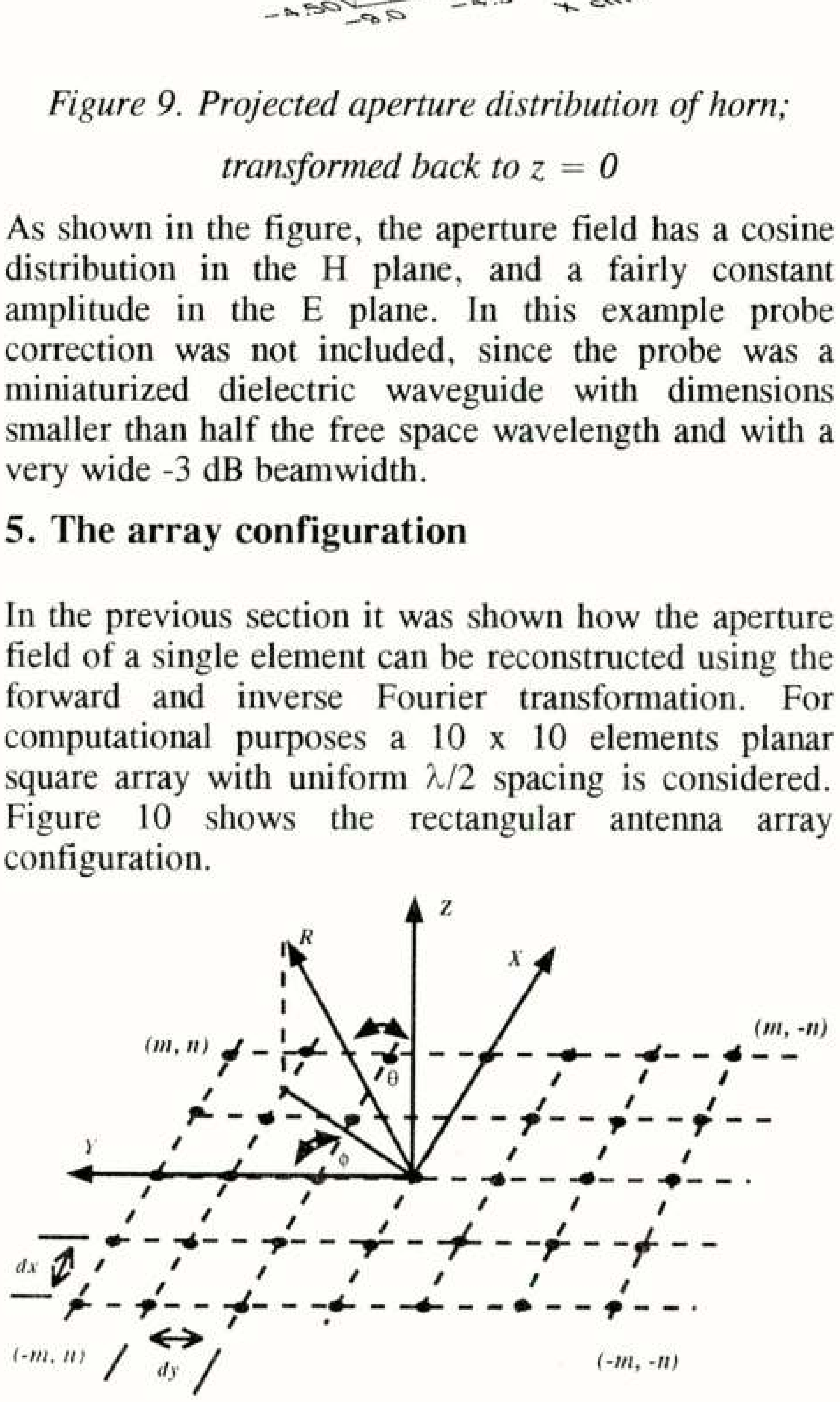


Figure 10. Theoretical rectangular array

The phase and amplitude distribution of the elements are chosen to be uniform. To simulate element deterioration, a random phase error over $\pm 180°$ is introduced into 10% (10) of the array elements. The array configuration with the selected defected elements is given in figure 11. The resulting far-field pattern compared with the correct one is shown in figure 12. Figure 13 shows the processing steps taken in order to reconstruct the aperture field in a block diagram.

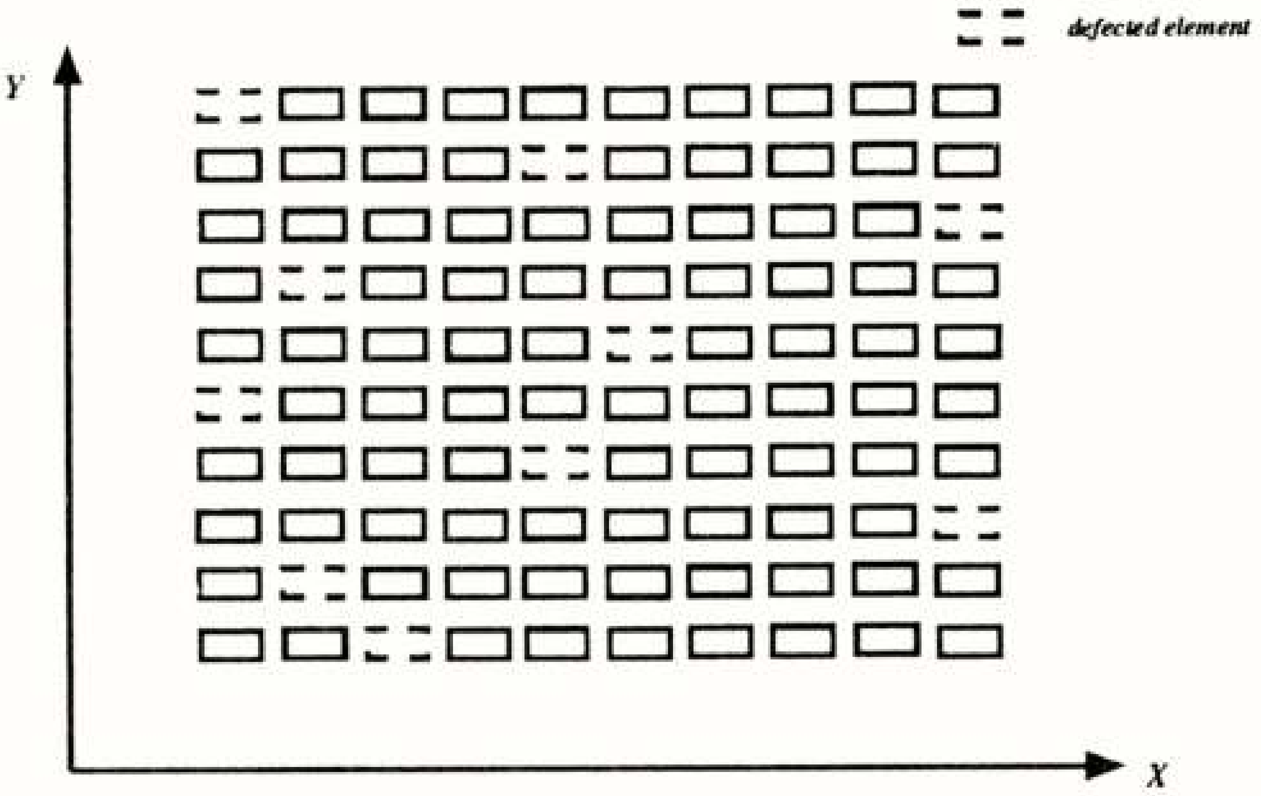


Figure 11. The array configuration with 10% defected elements

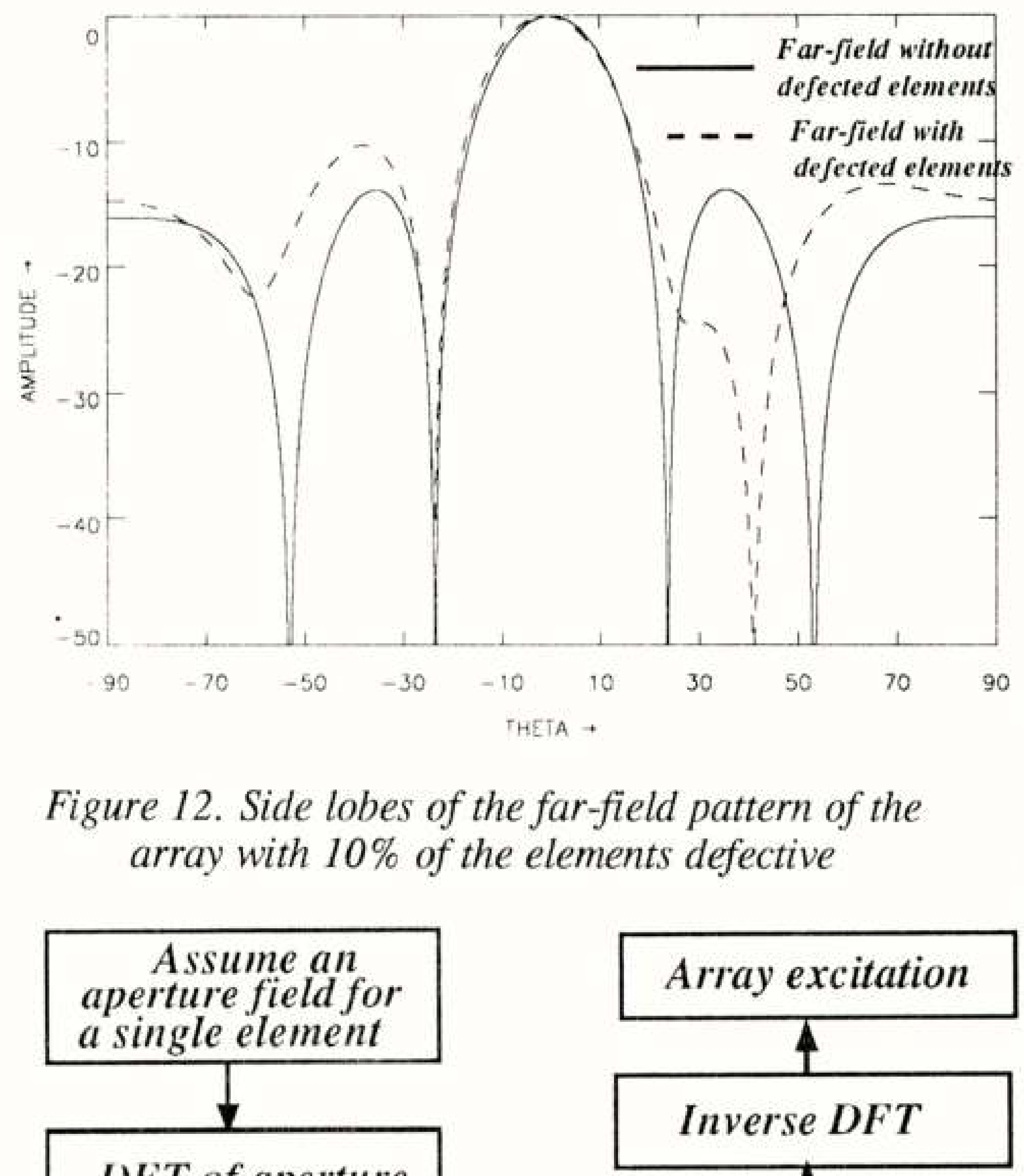


Figure 12. Side lobes of the far-field pattern of the array with 10% of the elements defective

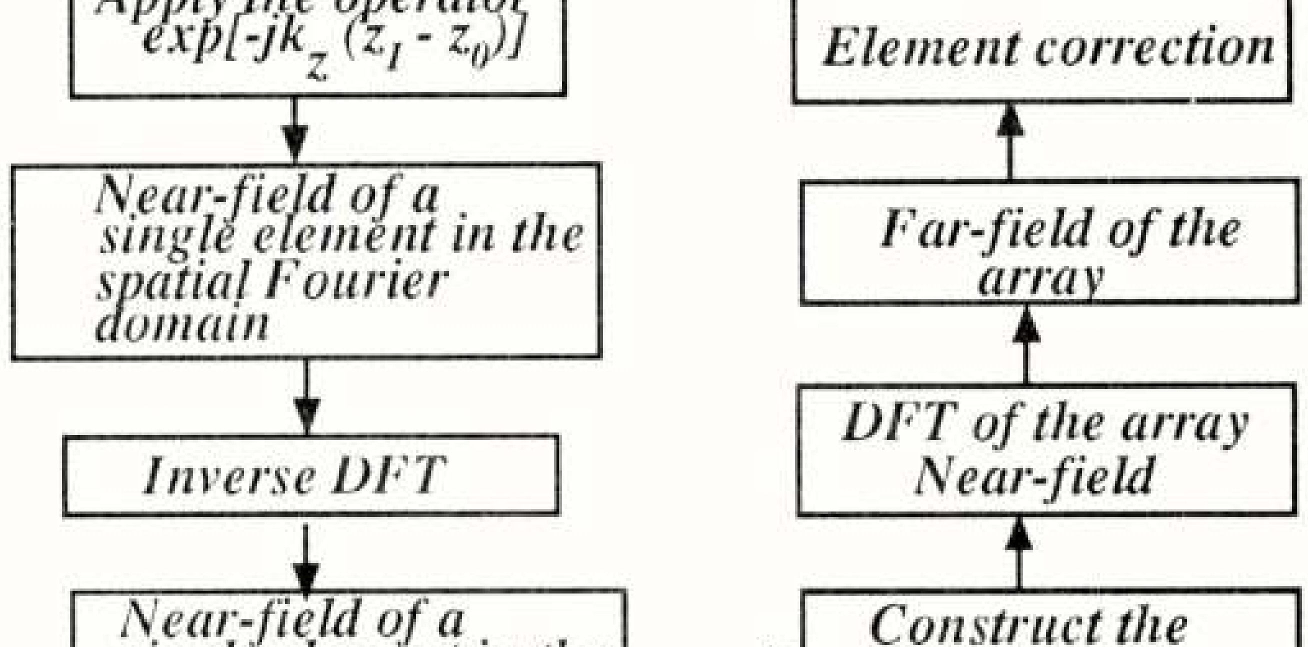


Figure 13 Block diagram of the steps to generate the array excitation

6. Reconstruction of array excitation

The processing steps given in figure 13 were simulated for an 11x 11 element array antenna with uniform amplitude and phase aperture distribution. The dimension of each element is 2.5λ by 2.5λ, the distance between the AUT and the probing plane is 4λ. The spacing between each elements is equal to λ in the x and y directions. Figures 14 and 15 show the reconstruction of the array phase and amplitude without any defected elements.

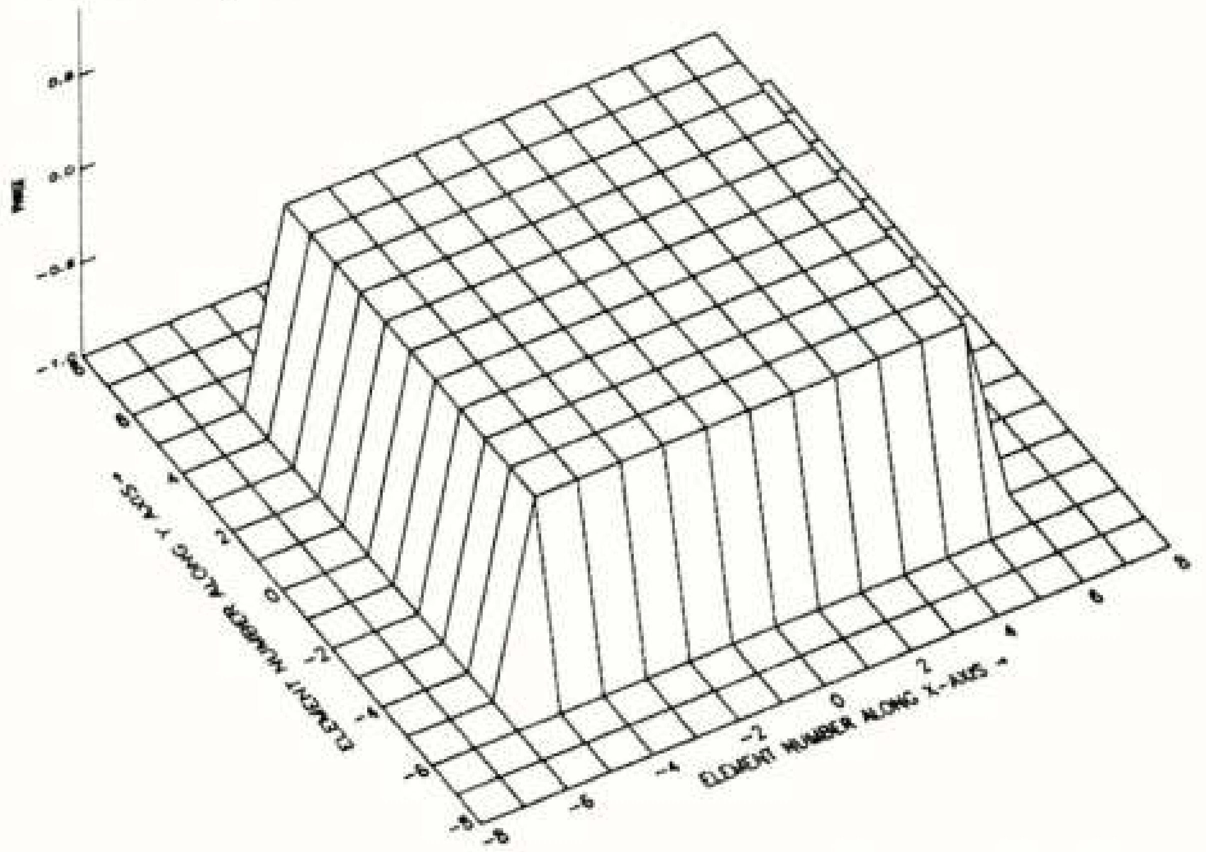


Figure 14. The reconstructed array's amplitude without any defected elements

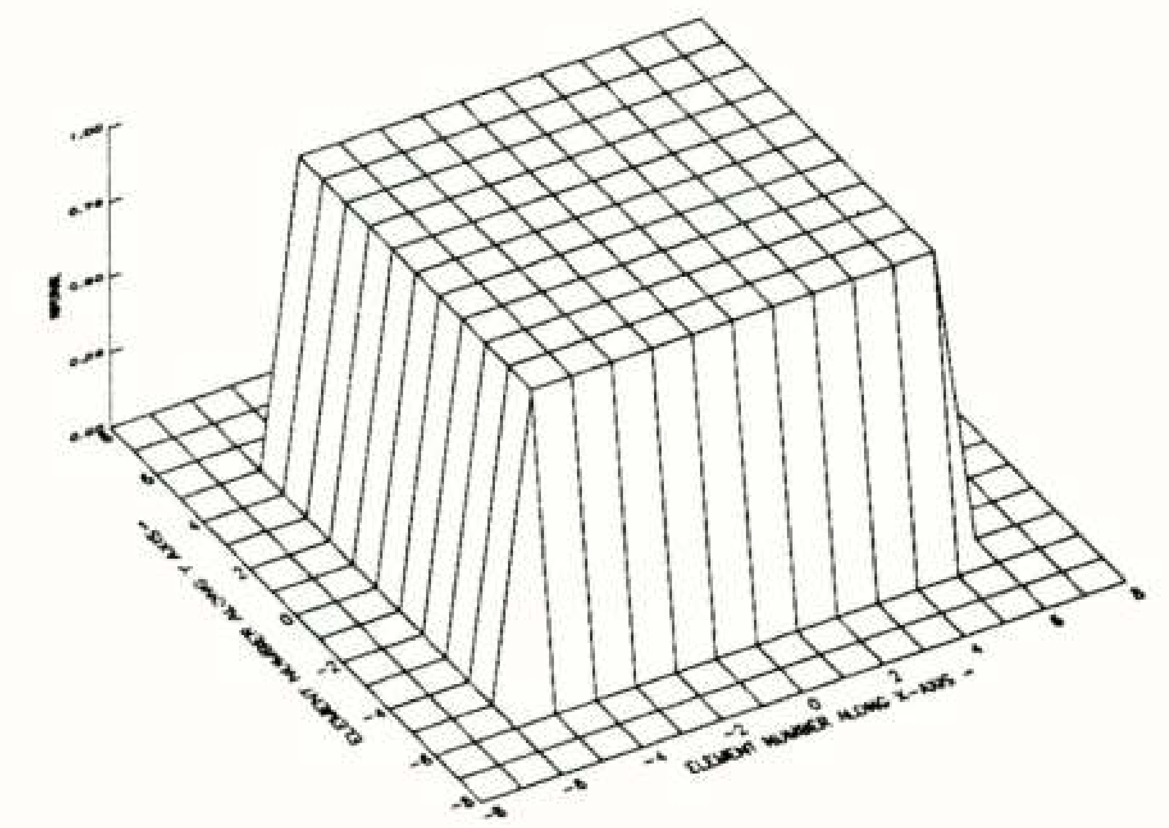


Figure 15. The reconstructed array's phase without any defected elements

I n order to locate the defected elements, two cases are considered. In the first case the phase of elements with numbers (m = -3, n = -3) , (m = 0, n = 0), and in the second case the phase of elements with numbers (m = 4, n = 2) , (m = 0, n = 0) are defected. The reconstructed array excitation phases are shown in Figures 16 and 17.

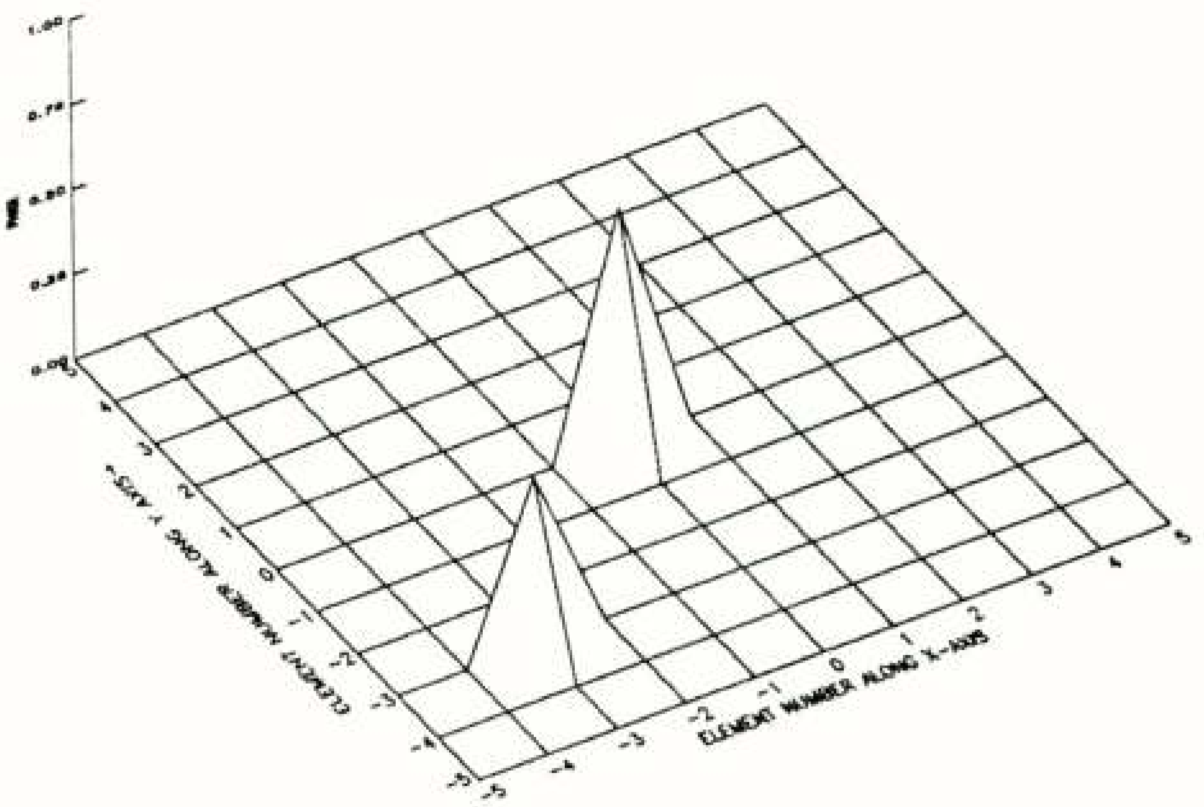


Figure 16. The reconstructed array phase in the first case

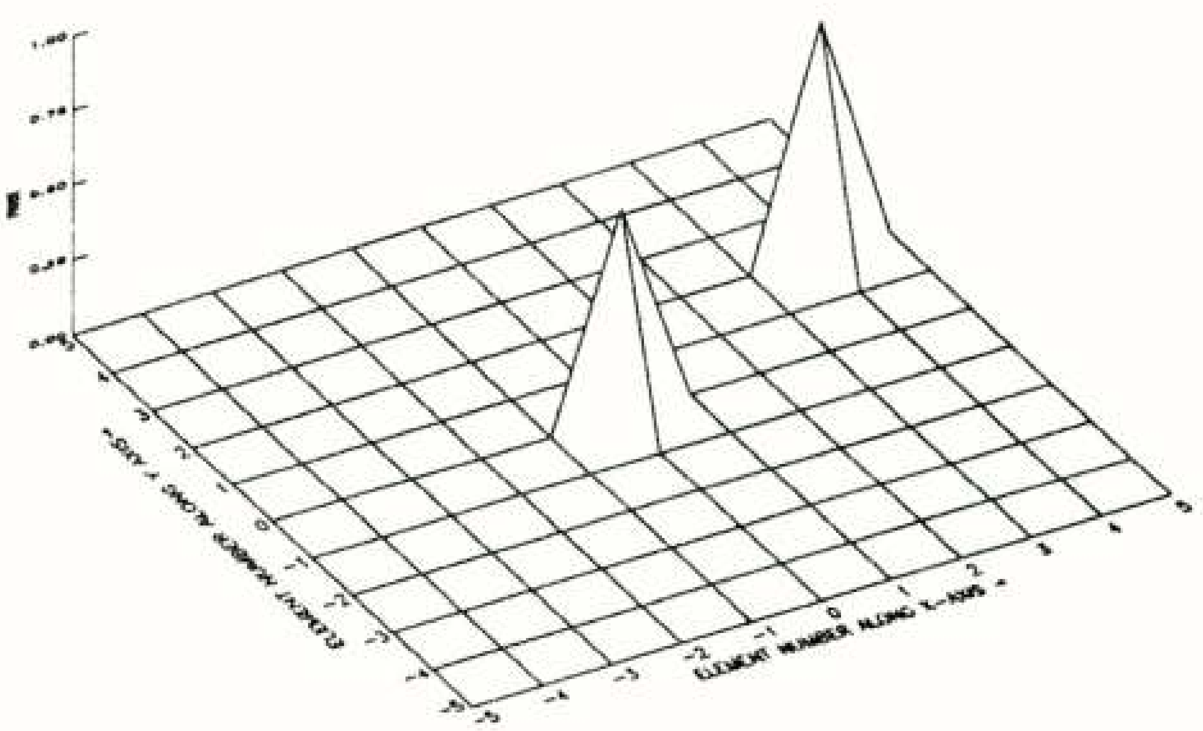


Figure 17. He reconstructed array phase in the second case

7. Conclusion

A theoretical study and experimental set up has been summarized here as it has been developed at Delft University for doing research on antenna diagnostics. Clearly, the near-field data can be processed not only to provide the far-field patterns of the antenna, but it can also be used for diagnostic purposes. The approach enables the identification of aperture faults by using accurate near-field probing at a distance that is free of multiple reflection and of mutual couplings with the array elements.

8. References

[1] J. J. Lee, E. M. Ferren, D. P. Woollen, and K. M. Lee, "Near-field probe used as a diagnostic tool to locate defective elements in an array antenna", IEE Tran. antenna Propagation, vol. AP-36, pp. 884-889, June 1988.

[2]L. P. Ligthart, P. J. F. Swart, "Antenna and Radar Cross Section Measurement Facilty At TUD", Internal report, June 1990

STICHTING SVEN-FONDS NERG

UITREIKING SVEN-EXAMENPRIJS 1996

Op 10 mei 1996 vond de uitreiking plaats van de SVEN-examenprijzen. Daarbij werd door de voorzitter van het NERG, prof.ir. J.H. Geels, de volgende toespraak gehouden.

Woord van welkom en dank

Geachte dames en heren,

Namens het bestuur van de Stichting SVEN-fonds NERG heet ik u van harte welkom op deze feestelijke bijeenkomst ter gelegenheid van de uitreiking van de SVEN-examenprijzen. Daarbij gaat dit woord van welkom uiteraard in de eerste plaats uit naar de bijzondere genodigden: de laureaten en hun relaties.
Wij stellen ook de aanwezigheid van hun docenten, werkgevers en collega's, alsook van de consulenten en vertegenwoordigers van de VEV en van de afgevaardigden van het NERG in hoge mate op prijs.

Alvorens verder te gaan, wil ik een dankwoord richten aan de directie van de VEV voor de geboden gastvrijheid. Daarnaast ook dankzegging aan de medewerkers van VEV die deze bijeenkomst weer voortreffelijke hebben georganiseerd. Aangezien het SVEN-fonds niet beschikt over eigen huisvesting en staf wordt door ons dankbaar gebruik gemaakt van de aangeboden faciliteiten van VEV.

Wie is wie of wat?

Dames en heren,

Wie staan er voor u? Mag ik u de heer G. van der Schouw voorstellen: de nieuwe voorzitter van het SVEN-fonds. Hij heeft zich vandaag willen beperken tot een assisterende rol.
Mijn naam is Geels, ik ben de vice-voorzitter. Mij is wegens mijn grotere ervaring verzocht de gebruikelijke toespraak te houden. U zult derhalve niet ontkomen aan enig verbaal geweld. Dat hoort zo bij prijsuitreikingen. Maar ik zal pogen onderhoudend te zijn en - als het kan en mag - ook beknopt.

Het gaat vandaag om de uitreiking van de SVEN-examenprijs. Ik neem aan dat niet alle aanwezigen weten wat 'SVEN' in dit verband betekent. Daarom veroorloof ik het me om als inleiding van de prijsuitreiking in te gaan op de historie en de achtergronden van de SVEN en de SVEN-examenprijs. Ik zou daarover vanuit mijn eigen bestuurservaring met gemak een betoog van enkele uren kunnen houden, maar ik vrees dat u mij dat niet in dank zou afnemen. Ik zal me daarom tot een schets beperken.

De Stichting tot bevordering van het Vakonderwijs op het gebied van de Elektronica in Nederland, afgekort SVEN, werd gezamenlijk opgericht door de verenigingen NRG en VEV. Dat zal wel vragen bij u oproepen.
Wat zijn NRG en VEV? Waarom hebben zij de SVEN opgericht? Wat is de SVEN-examenprijs?
Deze vragen zal ik hierna trachten te beantwoorden.

Dames en heren,

Voor het goede begrip van mijn betoog geef ik u vooraf nog een gedachte mee. De geschiedenis leert ons dat na-oorlogse perioden steeds van grote invloed zijn op de maatschappelijke ontwikkelingen. Oorlog is namelijk een periode van stilstand daarin. Dat geldt in onze eeuw zowel voor de eerste als voor de tweede wereldoorlog. Na een oorlog wordt nagedacht over het behoud van het waardevolle van de voor-oorlogse maatschappij en over het benutten van nieuwe kansen voor nu en straks. Krachten worden dan gebundeld om de wederopbouw te laten slagen. Dat geldt ook voor de maatschappelijke behoefte aan een NRG en een VEV: na de eerste wereldoorlog opgericht en na de tweede wereldoorlog de draad na een periode van stagnatie weer opgenomen.

Wat is het NERG?

Bijna 76 jaar geleden, op 29 mei 1920 werd in de Industriële Club te Amsterdam het 'Nederlands Radio Genootschap' (N.R.G.) opgericht, sinds 1961 genaamd 'Nederlands Elektronica en Radiogenootschap (NERG). Het doel was de radio- en aanverwante wetenschap te bevorderen.
De eerste voorzitter was prof.dr.jhr. G.J. Elias, een vakman van wereldfaam. De huidige voorzitter staat nu voor u.

Van begin af aan stonden de voordrachten en publikaties van het NRG op een wetenschappelijk zeer hoog peil.

Thans worden 10 à 12 werkvergaderingen per jaar gehouden waarin actuele ontwikkelingen en resultaten van onderzoek op het gebied van de elektronica, informatie- en telecommunicatietechniek aan de orde komen. Jaarlijks verschijnen er 5 à 6 afleveringen van 'Het Tijdschrift van het NERG'.

In de dertiger jaren trok het N.R.G. zich ook het lot van de monteurs en technici aan door invloed te gaan uitoefenen op de als regel winstbeogende particuliere beroepsopleidingen, waarvan de kwaliteit door de snelle ontwikkelingen te wensen over liet. De overheid achtte toentertijd onderwijs in het radiovak niet haar taak.

In 1937 begon het N.R.G. examens af te nemen voor het eigen diploma van radio- (later elektronica-) monteur en technicus. Met deze omvangrijke taak werd duidelijk richting gegeven aan de opleiding van goed geschoold personeel. Zodoende werd een wezenlijke bijdrage geleverd aan het benodigde menselijk kapitaal voor de ontplooiing van de sterk groeiende elektronische industrie.

Als gevolg van het beter functioneren van het beroepsonderwijs in de elektronica nam de behoefte aan particuliere opleidingen in de zeventiger jaren sterk af. Ook werd onder bepaalde voorwaarden de deelname aan schoolexamens mogelijk voor extraneï. De behoefte aan de NERG-diploma's nam daardoor af. Rond 1980 zijn de examenactiviteiten van het NERG overgedragen aan VEV. De laatste NERG-examens vonden plaats in 1988.

De Examencommissie van het NERG is omgebouwd tot een Onderwijscommissie, die de ontwikkeling van het onderwijsbeleid op het gebied van elektronica en aanverwante gebieden op de diverse niveaus nauwlettend volgt en daarover - gevraagd en ongevraagd - rapporteert en adviseert. Bovendien worden desgevraagd geschikte NERG-leden als gecommitteerden beschikbaar gesteld voor toezicht op de kwaliteit van opleidingen en examens.

Wat is de VEV?

Dit antwoord vraagt wat meer tijd. We volgen de algemene lijn en het aspect elektronica en aanverwante gebieden.

Bijna 80 jaar geleden, op 7 juli 1916 werd in het Oranje Hotel te Scheveningen de 'Vereniging tot bevordering van electrotechnisch vakonderwijs in Nederland' (V.E.V.) opgericht, sinds 1990 genaamd 'Vereniging Elektrotechnisch Vakonderwijs'. De voorzitter van de oprichtingsvergadering, dhr. G. Groeneveld werd zelf de eerste voorzitter van VEV en bleef dat ruim twintig jaar, tot aan zijn dood in 1936. Dat zou nu niet meer kunnen.

Hij schreef dat de oprichting nodig was: "... uit harde noodzaak, ten einde raad, omdat steeds meer bleek hoe weinig goede vaklieden zich bevinden onder de zoogenaamde monteurs en electriciëns. De gebrekkige uitvoering, juist van de details van een electrische installatie, is bij dit soort werk ernstiger in haar gevolgen dan in welk ander vak ook. ..." (Maandblad NVWE d.d. 25 nov 1916).

Direct na de oprichting van VEV werd in Amsterdam, Den Haag en Rotterdam begonnen met eenjarige avondcursussen voor Elektromonteur, die onder auspiciën van het bestuur stonden; in 1923 werd de cursusduur verlengd tot twee jaar. In 1925 werden ook voor Zwakstroommonteur tweejarige cursussen ingevoerd.

Eind 1946 kwam de elektronica binnen bij VEV. Omdat de NRG-examens door velen als te moeilijk werden ervaren, zocht het bedrijfsleven een wat meer praktisch gericht alternatief met meer accent op het 'hoe' dan op het 'waarom'. Wegens het ontbreken van leerstof en leermiddelen gebruikte VEV als start de particuliere radiocursussen in Amsterdam, Den Haag, Eindhoven en Rotterdam.

Het door VEV over deze opleidingen opgenomen overleg met NRG verliep aanvankelijk stroef en moeizaam door tijdrovende discussies over het niveau van de opleidingen en examens. De standpunten lagen ver uiteen. Men sprak zelfs over twee werelden. De betrekkingen tussen NRG en VEV ontwikkelden zich echter op den duur tot een vruchtbare samenwerking op het gebied van radio- en elektronica examens.

Intussen groeide VEV steeds door. In 1964 werd het record aantal cursussen bereikt, namelijk een landelijk netwerk van 178 mondelinge en 4 schriftelijke cursussen met in totaal 16.710 cursisten.

De Wet op het Leerlingwezen 1968 maakte een einde aan de VEV-cultuur van de erkende cursussen. Als uitvoerend orgaan van deze wet moest VEV nieuwe mogelijkheden benutten door het sluiten van leerovereenkomsten met leerlingen voor allerlei elektrotechnische functies en beroepen. Voor bij-scholing, vooral op het gebied van de elektronica, werd in 1980 de Stichting Cursussen VEV opgericht.

In 1946 werd in Amsterdam het Centraal Bureau van de VEV door het bestuur in het leven geroepen, met twee medewerkers onder leiding van ing. C.A.J. Meijer (1946-1962) als de eerste Directeur van VEV. Het Centraal Bureau was o.m. verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de theoretische en praktische opleidingen, de examenregelingen, het onderhouden van allerlei externe contacten.

Het Centraal Bureau ontwikkelde zich in de loop der jaren met sprongen tot het VEV-Centrum in Nijkerk van vandaag: een der grootste opleidings- en examenorganisaties in Nederland en een kenniscentrum voor opleidingen in de elektrotechnische bedrijfstak.

Inmiddels volgt de ene nieuwe wetgeving of overheidsregeling op de andere. Dat verlangt van VEV steeds weer aanpassing en creatieve invulling. De politieke leiding schijnt alsmaar door te sleutelen aan de financiering van het onderwijs. Het komt veelal neer op een eis van meer kwaliteit voor minder geld uit de publieke middelen. Van het bedrijfsleven en de leerling worden daardoor meer eigen bijdragen gevergd. Een zorgelijke zaak voor VEV.

Wat is de SVEN?

Op 28 februari 1957 werd in Amsterdam de 'Stichting tot bevordering van het Vakonderwijs in de Elektronica in Nederland' opgericht door de voorzitters van de verenigingen N.R.G. en V.E.V. Hiermee werd beoogd een gezamenlijke inspanning van bedrijfsleven en overheid te organiseren teneinde de enorme achterstand van het vakonderwijs ten opzichte van de stand van de techniek en de ontwikkelingen in de elektronica en aanverwante gebieden te verminderen. Het bestuur werd samengesteld uit vertegenwoordigers van de elektronische industrie en overheidsbedrijven, van de onderwijsinspecties en van NRG en VEV.
Op 22 mei 1986 werd de lange naam gewijzigd in 'Stichting Elektronica SVEN'

Geconstateerd werd dat op korte termijn een effectieve aanpak vereist was voor de bijscholing van de leraren, de vernieuwing van de leerstof en de beschikbaarstelling van signaalgeneratoren, meetinstrumenten en oscilloscopen. Voor de oplossing van de problemen rond de leraren en leerstof werd een vertrouwenwekkend plan opgesteld.

Op verzoek van de Minister van Onderwijs nam de SVEN de taak op zich om uit bijdragen van de overheid en de industrie een fonds te vormen en te beheren. Hiermee werden instrumenten aangeschaft, ter uitlening aan particuliere en overheidsopleidingen die aan de gestelde voorwaarden voldeden. Met instemming van de schenkers werd een bedrag gereserveerd voor onderhoud, reparaties, vervanging en aanvullende behoeften, alsmede voor dekking van uitgaven in het belang van de doelstelling van de stichting.

Na verloop van de afschrijvingstermijn werden de instrumenten in eigendom overgedragen aan de leners. Het overgebleven bedrag was door goede belegging inmiddels aangegroeid tot een aanmerkelijke som, waarmee activiteiten in het kader van de bevordering van het elektronica onderwijs konden worden bekostigd.

De SVEN heeft door het uitbrengen van rapporten en nota's aan de Minister van Onderwijs aan de wieg gestaan van een aantal omvangrijke onderwijsverbeteringen, waarover ik niet zal uitweiden. De overheid trad daarbij steeds op als de belangrijkste kostendrager. Alleen de op initiatief van de SVEN door de Minister van Onderwijs van Veen ingestelde 'Commissie Modernisering Leerplan Elektrotechniek en Elektronica' heeft de SVEN meer dan de helft van het kapitaal gekost wegens financiering van niet-subsidiabele zaken.

In 1992 kwam het SVEN-bestuur tot de conclusie dat de rol van deze stichting als partij in de vernieuwing van het beroepsonderwijs was uitgespeeld. Door wetgeving was de advisering van de Minister van Onderwijs de verantwoordelijkheid geworden van het gestructureerd overleg tussen drie partijen: de werkgeversorganisaties, de werknemersorganisaties en het onderwijsveld.
In samenspraak met NERG en VEV als oprichters werd besloten de SVEN niet op te heffen, doch om te bouwen tot een SVEN-Fonds waarmee stimulerende activiteiten zouden kunnen worden ondernomen in het belang van beroepsgericht onderwijs in de elektronica en aanverwante technieken, gericht op de door de maatschappij gestelde eisen.
De stichting werd in beheer gegeven aan het NERG. De naam werd gewijzigd in 'Stichting SVEN-Fonds NERG'.

Wat is de SVEN-Examenprijs?

In artikel 3.e van de geldende statuten van de SVEN is als een middel om het doel te bereiken aangegeven:

> Het toekennen van studie- en examenprijzen aan leerlingen/studenten in het beroepsonderwijs voor bijzondere prestaties op het gebied van de elektronica en aanverwante technieken.

Het bestuur verleent deze, tot aanmoediging van andere leerlingen strekkende prijzen aan kandidaten, die:

- uitblinkende examenresultaten hebben behaald op het gebied van elektronica en aanverwante technieken

en/of

- voorbeeldig doorzettingsvermogen hebben vertoond bij het overwinnen van ondervonden studiehandicaps (b.v. van lichamelijke of culturele aard).

De SVEN-examenprijs is in december 1992 voor het eerst uitgereikt aan gediplomeerden van VEV, in april 1994 voor de tweede en vandaag voor de derde maal.

Dames en Heren,

De SVEN-examenprijs bestaat uit een oorkonde en een bedrag waarover geen belasting verschuldigd is.

De tekst van de oorkonde luidt:

> Op voordracht van de Vereniging Elektrotechnisch Vakonderwijs VEV te Nijkerk heeft het bestuur van de stichting SVEN-Fonds NERG besloten om de SVEN-prijs op het gebied van de elektronica in het vakonderwijs toe te kennen aan:
>
> dhr. H.A.J.M. HAAST
> dhr. R.J. JILLINGS
> dhr. J.C. KOLLENBURG.
>
> Met het verlenen van de SVEN-prijs brengt de stichting haar waardering tot uitdrukking voor de studie- en examenprestaties van de laureaat. Hij/zij wordt daarmee tot voorbeeld gesteld voor allen die op het gebied van de elektronica een opleiding volgen in het elektrotechnisch vakonderwijs.
> Behalve aan deze oorkonde is aan de SVEN-prijs een geldbedrag van ƒ 1000,- verbonden.

In 'Elektrovisie' en 'Het Tijdschrift van het NERG' zal worden gepubliceerd aan wie de SVEN-Examenprijzen zijn toegekend en verslag worden gedaan van de uitreiking.

De prijsuitreiking

Dan ga ik nu over tot de uitreiking van de prijzen, waarbij ik de alfabetische volgorde van de namen zal aanhouden. Dat blijkt tevens de rangschikking van oudste naar jongste te zijn.

Ik verzoek hen op mijn uitnodiging naar voren te komen en tegenover de voorzitter te gaan staan.

Henricus A.J.M. HAAST
geboren op 29 mei 1961 te Helmond

U hebt reeds een flink spoor aan VEV diploma's behaald:
Technicus Sterkstroominstallaties (TSI)
Technicus Besturingsinstallaties (TBI)
1e Monteur Elektronische Besturingsinstallaties (EME)
Technicus Telematica B (TTM-B)
Technicus Communicatiesystemen (TCS)
behaald in 1995 met zeer goede cijfers.
Consulent: dhr. P. Pouwels
School: R.I.V.B. te Eindhoven
Werkgever: Energa-Elektra b.v. te Venlo

U werkt al negen jaar bij Energa-Elektra en geeft nu leiding aan de Telematica afdeling.
U hebt kenbaar gemaakt in de toekomst leermeester voor deze afdeling te willen worden en daartoe de opleiding Praktijkopleider te willen gaan volgen.

Robin J. JILLINGS
geboren op 19 april 1964 te Monnikendam

U hebt het diploma Eerste Monteur Consumenten Elektronica (EMCE) behaald in 1995 met als gemiddelde cijfers voor

Handvaardigheid	8
Theorie	9
Practicum	9

U hebt nu een leerovereenkomst gesloten voor Technicus Televisie en Radioapparatuur (TTR).
Consulent: dhr. J. Rose
School: Randstedelijk Opleidingscentrum te Amstelveen
Werkgever: Technical Service Bedrijven te Purmerend

U staat bekend als een heel serieuze en enthousiaste leerling, behoorlijk fanatiek. U toont zeer veel interesse in het vak. U gaat met een kritische instelling vaak diep in op de lesstof. Door uw omgeving wordt u ervaren als een prettig mens in de omgang.

Johannes C. KOLLENBURG
geboren 26 juli 1967 te Eindhoven

U hebt het diploma Assistent Monteur Telefooninstallaties (AMTI) behaald in 1993 en vervolgens het diploma Monteur Communicatie Installaties (MCI) in 1995 met als gemiddelde cijfers voor

Handvaardigheid	8
Theorie	9
Practicum	9

School: R.I.V.B. te Eindhoven
Werkgever: Datelnet Service b.v te 's Hertogenbosch

In 1989 bent u begonnen als leerling-monteur bij het jonge Datelnet, hoofdzakelijk werkend aan PTT-Telecom-projecten. Dankzij de gevolgde opleiding thans opgeklommen tot leidinggevend monteur met verdere vooruitzichten.

Slotwoord

We hebben een beroep gekozen in een nog betrekkelijk jong vakgebied dat voortdurend in sterke mate verandert. Dat maakt ons beroep zo spannend en interessant. Het valt niet mee om de ontwikkelingen bij te houden en toch is dat noodzakelijk om goed te blijven functioneren. Stilstand is achteruitgang. We zullen in dit vak steeds moeten blijven studeren. Wij hopen dat u daar plezier in zult houden en wensen u voor de toekomst alle goeds toe!

Onze gelukwensen voor uw SVEN-prijs gaan ook uit naar allen die u daadwerkelijk en moreel hebben ondersteund bij het bereiken van uw studieresultaat. U weet zelf het beste wie dat zijn. Wij moedigen u aan om hen vandaag een blijk van waardering en dank te betuigen, want het is wijs om hen in ere te houden!

Met het voorstel aan allen om nu de laureaten te gaan feliciteren, sluit ik deze prijsuitreiking en geef ik u over aan de gastvrijheid van de VEV.

Prof.ir. J.H. Geels

1920 ⇐ 75 JAAR ⇒ 1995

150 THz < > 300 THz

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 443

Datum:	dinsdag 27 februari 1996
Locatie:	Universiteit Twente
Zaal:	Collegezaal CC4
Adres:	Collegezalencomplex, Hallenweg
Plaats:	Enschede
Tijdstip:	10.30 - 17.00

Onderwerp
DE SNELWEG INGEKLEURD

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrum doorlopen worden . In deze werkvergadering in het jubileumjaar zal aandacht worden besteed aan de ontwikkelingen op het terrein van de glasvezel transmissie . Met name zal worden ingegaan op de verschillende wijzen waarop de capaciteit van de glasvezel door golflengte multiplexing kan worden verhoogd zodat in de toekomst filevorming op de zogenaamde elektronische snelweg kan worden voorkomen. Daarnaast zal de prijsuitreiking van de jubileumprijsvraag plaatsvinden met betrekking tot de inzendingen van de Universiteit Twente.

PROGRAMMA

10.30 Ontvangst deelnemers met koffie

11.00 Opening door de voorzitter

11.05 Basisprincipes van golflengte multiplexing, **prof.dr.ir. W.C. van Etten, Universiteit Twente**

11.45 Netwerken gebaseerd op golflengte multiplexing, **prof.ir. A.M.J. Koonen, AT&T Network Systems**

12.30 Lunch in het collegezaalcomplex

14.00 Optische chips voor golflengte multiplexing, **dr.ir. M.K. Smit, Technische Universiteit Delft**

14.45 Toepassingen voor de elektronische snelweg, **drs. L.J. Teunissen, KPN Research**

16.00 Prijsuitreiking Jubileumprijsvraag

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden door de aanmeldingskaart vóór 20 februari aanstaande te zenden aan het NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
De werkvergadering is gratis, de lunch wordt u aangeboden door de faculteit der Elektrotechniek.De werkvergadering is ook gratis voor studenten van de Universiteit Twente. Kosten voor overige introducés bedragen *f* 20,-, vooraf over te maken op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
Het aantal deelnemers is beperkt tot 100. Tijdstip van ontvangst van aanmelding is beslissend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.

Namens het NERG,
ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden:

ir. T.H. ten Have	Vinkenburg 25	2135 BM Hoofddorp
P.van der Hulst	Noordewierweg 79	3812 DC Amersfoort
drs. R.F. Kusse	De Wickelaan 52	2265 DK leidschendam
ir. J.L. Manders	De Mandenmaker 2	5591 NS Heeze
ir. J. van Sinderen	Robert Stolzlaan 54	5654 RT Eindhoven
ir. H.J. Visser	Dedemsvaartweg 398 K	2545 AM 's-Gravenhage

Nieuwe leden:

ing. K.G. Holleboom	Refelingse Erven 154	5672 TJ Nuenen
ir. J. Mulder	Paulus Potterlaan 88	2282 GJ Rijswijk
ir. G.C.H.J. Segeren	Zuiderweg 28	1271 LZ Huizen
A. van Staveren	J.P. Heyestraat 67	2394 XW Hazerswoude
ir. C.J.M. Verhoeven	Braziliehof 12	2622 BG Delft

Nieuwe adressen van leden:

ir. L. van Berkel	Den Burghstraat 24	2275 TN Voorburg
ir. G.C.N. Frankenmolen	Eendenven 8	5646 JN Eindhoven
ir. M.E. Holtkamp	Schuitendiep 24	9711 RC Groningen
ir. E.W. Kolk	Dinkelstraat 22	7555 KN Hengelo (OV)
dr. D. Leenaerts	Eikestraat 6	5561 TE Riethoven
dr.ir. E.H. Nordholt	Balsemkruidstraat 45	2215 VD Voorhout
ir. W.C. Nuijen	Albert Plesmanring 4	3712 DA Huis ter Heide
M.C.J. van Pernis	Schielandse Hoge Zeedk W2	2841 BZ Moordrecht
ir. A.J. Poelman	Frans Eversteijnstraat 14	2251 RS Voorschoten
ing. P.A.A. Sevat	Finisterelaan 22	5627 TD Eindhoven
ir. M.C. van Sijll	Nieuwe Nieuwstraat 32-IV	1012 NH Amsterdam
ir. N.A.M. Verhoeckx	J.v. Maerlantlaan 5	5615 JS Eindhoven
ir. H. de Waardt	De Daal 1	5674 SN Nuenen

Cursus aankondigingen

TOPTECH STUDIES TU DELFT

Short course "Smart Sensor Systems"
1 juli - 5 juli 1996

Contactadres: Top Tech Studies, Postbus 612
2600 AP Delft
Tel: 015-278 80 19
Fax: 015-278 10 09

CENTRUM VOOR MICRO-ELEKTRONICA
CME

Seminar " Elektronica en de Electronic Highway"
13 juni 1996 in De Reehorst te Ede.

Contactadres: Centrum voor Micro-Elektronica,
Tel: 0318-580200

CEI-EUROPE

International Courses in Advanced Technology

Contact for Course Calender 1996:
Mrs. Tina Persson, Marketing Manager
CEI-Europe AB, Box 910, S-612 25 FINSPONG, Sweden
Tel: +46 122 17570
Fax: +46 122 1 143 47
Email: cei.europe@one.se

Conferenties

- Koninklijke Belgische Vereniging der Elektrotechnici

Warmtekrachtkoppeling en rationeel energiegebruik
18 juni 1996 in Mons

Contactadres: SRBE/KBVE, Pleinlaan 2
1050 Brussel

- AGARD
  Advisory Group for Aerospace Research & Development)

Lecture Series no. 207:
System implications and innovative applications of satellite navigation
1-2 juli in Frankrijk, 4-5 juli in Italie, 8-9 juli in Spanje, 11-12 juli in Rusland

Contact: nationaal coördinator ir. L. Sombroek
tel: 020-5113 116

- ICSC'96

2[nd] International Conference and Exhibition
Satellite Communications
23-27 september 1996, Moskou, Rusland

Contactadres: Russian Academy of Sciences,
Mokhovaya Str.11, Moscow
Tel: 7(095)203-4985
Fax: 7(095)203-8414
Email: hlants@ire.rc.ac.ru, h.lantsberg@ieee.org

- Société Belge des Ingénieurs des Télécommunications et d'Electronique

EMC and Telecommunications Devices
Seminar and exhibition
11 en 12 september 1996, Mons, Belgiium.

Contactadres: Conference Secretariat
Mr. M. Labay
Rue des Belles Pierres 5, 1421 Ophain

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

deel 61 nr.2-1996

Inhoud

Druk: Drukkerij Van Ek, Driebergen